

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique  
Faculté des Sciences de la terre et de l'Univers  
Département de Géographie et de l'Aménagement du territoire



Mémoire de fin d'études en vue d'obtention de diplôme :  
**Master Changements Climatiques et Adaptations**

La Mer à Boire  
Une Alternative au Stress Hydrique  
*Station de Dessalement EL MACTAA -Oranie-*

Mme SENHADJI

**Présidente**

MAA

Mr BELLAL Sid Ahmed

**Examineur**

Professeur

Mme AIT MENGUELLAT

**Encadreur**

MAA

Établi par :

Mme BOUGUERBA Nedjeoua

Promotion 2018/2019



## **Introduction Générale :**

### **Chapitre1 : Etude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer**

#### **I. Définition du dessalement de l'eau de mer**

#### **II. Les différentes techniques de dessalement**

##### **II.1. Techniques thermiques**

##### **II.2. Techniques membranaires**

#### **III- Utilisations du dessalement :**

#### **IV-Avantages et Inconvénients du dessalement :**

### **Chapitre 2 : Contexte physique de la station de dessalement de la Macta**

#### **I. Présentation de la station :**

#### **II. Description du processus :**

##### **II.1. Etape de prétraitement :**

##### **II.2. Étape d'osmose inverse :**

##### **II.3. Étape de post-traitement :**

#### **III- Description détaillée de chaque système :**

#### **IV- Matériels et méthodes :**

### **Chapitre 3 : Impact du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement \_ station de EL Macta\_**

#### **I. Impact du dessalement sur l'environnement**

#### **II. Etude de cas : impact du dessalement sur l'environnement « station el Mactaa »**

## **Conclusion Générale**

## **Annexes**

### **Liste des figures**

### **Liste des tableaux**

*« L'Eau est un Trésor Naturel faisant partie de  
l'héritage commun de l'humanité »*

**UNESCO : FR.Mayor**

## Remerciements

Je tiens avant tout à remercier Dieu tout puissant, car sans son aide et sa bienveillance, rien de cela n'aurait pu être possible.

Je tiens à exprimer ma gratitude à Mme AIT MENGUELLAT.Z, mon encadreur, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour ses précieux conseils, et surtout pour son soutien.

Je remercie également Mme SENHADJI pour avoir accepté de présider mon jury.

Je remercie également, Mr BELAL Sid Ahmed pour avoir accepté d'examiner mon travail, et de faire partie de mon jury.

Un grand merci pour toute ma famille pour son soutien et ses encouragements.

## Dédicace

*Je dédie ce travail à mes chers parents.*

## Liste des abréviations

- **ADE** : Algérienne Des Eaux
- **AEC** : Algerian Energy Company
- **AEP** : Alimentation en Eau Potable
- **CIP** : Cleaning In Progress
- **ERS** : Energy Recovery System
- **LSI** : Langelier Saturation Index
- **PTM** : Pression Transmembranaire
- **SDI** : Silt Density Index : Indice de Densité de Limon
- **SDT** : Solides Dissous Totaux
- **SWRO** : Sea Water Reverse Osmosis

## Résumé :

En raison de la pénurie d'eau, sous l'effet de la croissance démographique et du changement climatique, la plupart des pays du monde comptent sur les nouvelles méthodes pour fournir de l'eau potable.

La méthode la plus utilisée est celle du dessalement de l'eau de mer.

Dans ce mémoire, on présente la station de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse d'El-Mactaâ (Willaya de Mostaganem), ainsi La chaîne de traitement de l'eau de mer dans la station d'EL-MACTAÂ est basée sur trois étapes, commençant par le prétraitement par une filtration grossière, et par des procédés membranaires de basse pression de l'ultrafiltration. Ensuite l'eau passe par l'osmose inverse puis finalement par un poste de traitement qui garantit l'ajustement du pH et la désinfection des eaux traitées.

Malgré les immenses efforts fournis dans le domaine du dessalement de l'eau de mer, la région oranaise reste en pénurie d'eau permanente.

**Mots clés :** Changement climatique, stress hydrique, dessalement, eau de mer, saumâtres, osmose inverse.





## Introduction générale :

Bien que 71 % de la surface de la terre être recouvert d'eau, il y a seulement 3 % d'eau douce dans différents réservoirs, et le reste (97 %) représente l'eau salée, qui nous conduira tôt ou tard à la pénurie d'eau, surtout avec l'évolution que connaît l'environnement urbain et industriel.

Cette situation oblige tous les pays du monde à chercher des sources d'eau fiables, et qui ne sont pas soumises aux changements climatiques (il y aura toujours de l'eau de mer).

Très généralement, il est plus simple et plus économique de rechercher des sources d'eau douce à traiter (eaux de surface, eau souterraine), que de dessaler l'eau de mer. Cependant, dans de nombreuses régions du monde, les sources d'eau douce sont inexistantes ou deviennent insuffisantes au regard de la croissance démographique ou de la production industrielle.

C'est dans cette logique que les stations de dessalement des eaux s'inscrivent puisqu'elles permettent de produire de l'eau potable à partir de l'eau de mer grâce à des techniques particulières.

Dans le monde, on produit chaque jour 95 millions de mètres cubes d'eau douce en 2018, rejetant 141,5 millions de m<sup>3</sup> par jour de saumure, dont l'impact sur les mers inquiète l'ONU.

Les usines de dessalement se multiplient dans de nombreux pays (Libye, l'Australie, la Grande Bretagne), surtout dans les pays en prise à des pénuries d'eau (Algérie, Libye, pays du golfe) mais aussi dans les pays d'Europe du sud (Espagne, Italie, Grèce), donc pays méditerranéens (la méditerranée est un point chaud 'hot spot' du changement climatique et aussi aux États-Unis. Mais Plus d'un milliard de personnes dans le monde n'ont pas accès à des ressources d'eau saine<sup>1</sup>.

L'accroissement démographique, l'urbanisation accélérée et le développement économique ont considérablement accru les besoins en eau dans un contexte de rareté de la ressource hydrique. Bien avant la question du changement climatique, les États maghrébins ont largement mobilisé leurs potentiels en eau.

Les eaux superficielles et souterraines subissent une pression consécutive à l'augmentation de la demande en eau, entraînant de fortes tensions entre les différents usagers.

De même, le changement climatique au cours de ce siècle risquerait encore d'aggraver la situation. Si les projections démographiques sont assez faciles à établir,

---

<sup>1</sup> - Référence bibliographique : Henri Boyé, 2008 « Eau, énergie, dessalement et changement climatique en Méditerranée »,

celles du changement climatique demeurent largement incertaines pour des raisons qui tiennent à l'insuffisance des données climatologiques, aussi bien en quantité qu'en qualité (TAABNI M et Moulay-Driss El Jihad, 2012).

Quatre personnes sur dix souffrent de pénurie dans le monde, selon l'Organisation des Nations unies, qui prévoit une probable dégradation à l'avenir sous l'effet du changement climatique.

Le réchauffement va accentuer l'aridité des régions du monde qui en souffrent déjà, contribuer au dessèchement des sols, accélérant l'évaporation des végétaux et rendant plus difficile l'absorption des pluies diluviennes qui filent alors trop vite vers l'océan. Les sécheresses à répétition vont aggraver les problèmes que connaissent déjà les centres urbains sous la pression d'une explosion démographique généralisée.<sup>2</sup>

D'après les modèles climatiques, les effets attendus du changement climatique global sur les ressources en eau indiquent une aggravation de leur vulnérabilité (Henri Boyé, 2008).

Pour faire face à cette situation à court et moyen termes, les stratégies développées par les États maghrébins s'articulent, d'abord, autour du recours aux ressources non conventionnelles, notamment le dessalement des eaux et la réutilisation des eaux usées épurées.

Cependant, si les techniques de dessalement sont aujourd'hui bien maîtrisées, leur mise en œuvre requiert de grandes quantités d'énergie, sous forme de chaleur ou d'électricité, coûteuses et sources potentielles d'émissions de gaz.

L'eau de mer est salée à peu près à 35 g.l en général. Dans des régions comme le Golfe Persique, la salinité atteint 42 g.l. Pour séparer le sel, il faut, d'un point de vue purement théorique environ 563 Wh.m<sup>-3</sup>.

Le littoral de l'Algérie compte vingt stations de dessalement d'eau de mer réparties sur les 14 wilayas côtières.

La wilaya d'Oran comprend 5 stations de dessalement d'eau de mer: Station de dessalement d'Arzew (90 000 m<sup>3</sup>/jour d'eau potable), station de dessalement de Bousfer (5 500 m<sup>3</sup>/jour d'eau potable, station de dessalement de Aïn Turck (5 000 m<sup>3</sup>/jour d'eau potable), station de dessalement de Chatt El Hilal (200 000 m<sup>3</sup>/jour d'eau potable), station de dessalement de Mactaâ (500 000 m<sup>3</sup>/jour d'eau potable).

La problématique est de savoir si l'implantation de station de dessalement et la gestion de cet eau douce pourrait subvenir aux besoins accrue en eau potable de la région. L'exemple pris est la station de la Macta, la plus importante en Algérie.

---

<sup>2</sup> - Eau et changement climatique au Maghreb : quelles stratégies d'adaptation ? Mohamed Taabni et Moulay-Driss El Jihad p. 493-518

La station de dessalement, un gros investissement, devrait produire à plein régime 500 000 m<sup>3</sup>/j dont la moitié pour la wilaya d'Oran, l'autre moitié allant vers les wilayas limitrophes, en l'occurrence Mostaganem, Mascara, Tiaret et Relizane.

D'un coût de 491 millions de dollars, la station est une joint-venture la "Tahliyat Miyah El Magtâa" (TMM spa), dont 47% sont détenus par la société Singapourienne Hyflux Menaspring Ltd, 43% par l'AEC (Algerian Energy Company dans laquelle on retrouve Sonatrach et Sonelgaz) et 10% par l'ADE (L'Algérienne des eaux).

La station est gérée par Homa (Hyflux Operating Maintenance Algeria) sur la base d'un contrat d'une durée de 25 ans. Elle utilise le procédé de l'osmose inverse.

Il avait estimé le coût d'un mètre cube d'eau dessalée à 35 dinars, , une « évaluation calculée sur la base de la valeur du dollar en 2007 et qui était de 66 dinars. ». C'était en 2014. Depuis la valeur du dinar par rapport au dollar a encore baissé de manière sensible (autour de 110 dinars le dollar actuellement).

Les stations de dessalement font payer à l'Algérienne des Eaux (ADE) entre 50 et 60 dinars le m<sup>3</sup>. L'ADE est liée par des contrats lui faisant obligation d'acheter toutes les quantités produites.

Dans ce contexte, l'objectif de ce mémoire est une contribution d'étude de l'état des lieux de la station dessalement de la Macta.

Pour atteindre cet objectif, nous avons structuré notre mémoire en trois chapitres :

- **Chapitre1** : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer
- **Chapitre2** : contexte physique de la station de dessalement de la Mactaa
- **Chapitre3** : impact du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement « station El Mactaa

# Chapitre1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

Le **dessalement** de l'eau (également appelé **dessalage** ou **désalinisation**) est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce (potable ou, plus rarement en raison du coût, utilisable pour l'irrigation) à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer notamment). En dépit du nom, il s'agit rarement de retirer les sels de l'eau, mais plutôt, à l'inverse, d'extraire de l'eau douce.

## I. Définition du dessalement de l'eau de mer :

### I.1. Définition du dessalement :

Le dessalement s'appelle dessalage. Il consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou une eau saumâtre. Le dessalement est un procédé de séparation des sels d'une dissolution aqueuse ou de séparation de l'eau des sels afin d'obtenir de l'eau douce ou purifiée ou bien (une eau dessalée) propre à la consommation humaine.

### I.2.1. Définition de l'eau de mer :

La mer est une Vaste étendue d'eau salée qui occupe la plus grande partie de la surface terrestre. L'eau de mer est l'eau salée de la Terre. Les eaux de mer et océans occupent un volume estimé à 1 340 millions de km<sup>3</sup>, ce qui représente 96,4 % de la capacité des grands réservoirs d'eau à la surface de la Terre. Ce volume n'inclut pas les eaux souterraines (aquifères), dont 85 % en volume sont salées à différents degrés.

### I.2.2. Composition d'eau de mer

L'eau de mer contient en effet tous les constituants de notre terre et de ses habitants, ceux qui figurent sur le tableau périodique des éléments (table de Mendeleïev). L'eau de mer contient en moyenne 35g/l de sels qui sont essentiellement des chlorures de Sodium (76%) et de magnésium (11%), des sulfates de magnésium (5%), de calcium (3,5%) et de potassium (2,4%). Dans l'eau, Les sels sont sous forme d'anions chlorures et sulfates parallèlement aux cations sodium, magnésium, calcium et potassium. La grande particularité de l'eau de mer est que les proportions relatives de ses constituants sont sensiblement constantes (c'est-à-dire indépendantes de la salinité) ; cette propriété a été établie par le chimiste écossais William Dittmar, et permet de considérer l'eau de mer comme une solution des onze constituants majeurs suivants dans de l'eau pure :

# Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

| Anions                           |          | Cations                        |         |
|----------------------------------|----------|--------------------------------|---------|
| Cl <sup>-</sup>                  | 0,5529   | Na <sup>+</sup>                | 0,3075  |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>    | 0,0775   | Mg <sup>++</sup>               | 0,0370  |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>    | 0,0041   | Ca <sup>++</sup>               | 0,0118  |
| Br <sup>-</sup>                  | 0,0019   | K <sup>+</sup>                 | 0,0114  |
| F <sup>-</sup>                   | 0,000037 | Sr <sup>++</sup>               | 0,00022 |
| <u>Molécule</u><br>non dissociée |          | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> | 0,00076 |

Tableau 1 : Masse du constituant contenue dans un kg d'eau de mer, rapportée à la salinité

La salinité de l'eau de mer n'est pas constante. Dans les zones maritimes chaudes et Partiellement fermées elle est plus élevée : en méditerranée elle varie de 36 à 39g/l, dans le Golfe Persique elle peut monter a un delà de 60g/l. C'est l'inverse dans les mers froides recevant de forts apports fluviaux : 7g/l dans la Baltique. Le pH de l'eau de mer est proche de 8,2. Les gaz dissous comprennent principalement : 64% d'azote, 34% d'oxygène, 1,8% de dioxyde de carbone (soit 60 fois la proportion de ce gaz dans l'atmosphère terrestre). La loi de Dittmar permet ainsi de déterminer la salinité de l'eau de mer par une seule mesure : de la concentration d'un de ces constituants (par exemple, Cl<sup>-</sup>) ou d'une des propriétés physiques de l'eau de mer à une température donnée (comme la densité relative, l'indice de réfraction ou la conductivité). Cependant, plus des 2/3 des 92 éléments chimiques naturels sont présents dans l'eau de mer, la plupart en faible quantité et difficilement décelables.

## II. Les différentes techniques de dessalement :

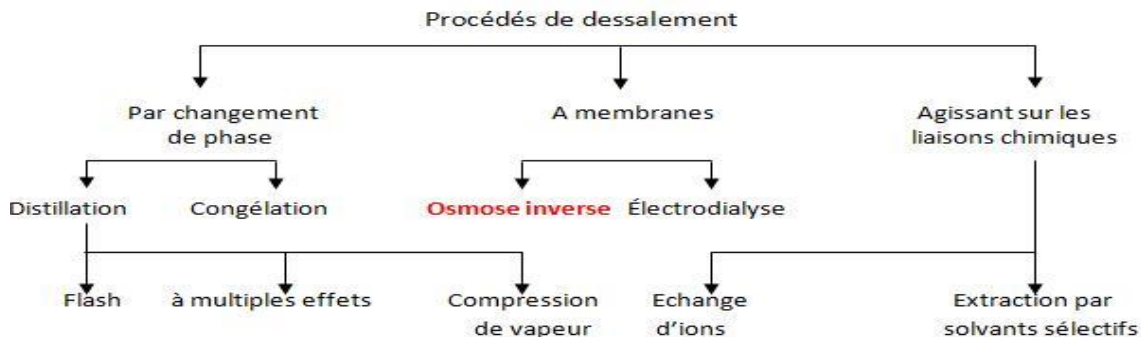


Figure N°1 : schéma des techniques de dessalement

# **Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer**

## **III.1. Techniques thermiques**

### **III.1.1. Distillation :**

La distillation consiste à évaporer l'eau de mer, soit en utilisant la chaleur émise par les rayons du soleil, soit en la chauffant dans une chaudière. Seules les molécules d'eau s'échappent, laissant en dépôt les sels dissous et toutes les autres substances contenues dans l'eau de mer. Il suffit alors

de condenser la vapeur d'eau ainsi obtenue pour obtenir une eau douce consommable. C'est une technique bien connue puis qu'elle était déjà utilisée dans l'Antiquité, découverte par Aristote au IV<sup>e</sup> siècle av .J.-C Mais à cette époque, elle était utilisée seulement à petite échelle de consommation personnelle.

De nos jours, c'est un procédé coûteux, surtout en énergie puisqu'elle nécessite non seulement l'utilisation d'énergie thermique, pour chauffer l'eau, mais aussi d'énergie électrique, pour faire circuler l'eau.

# Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

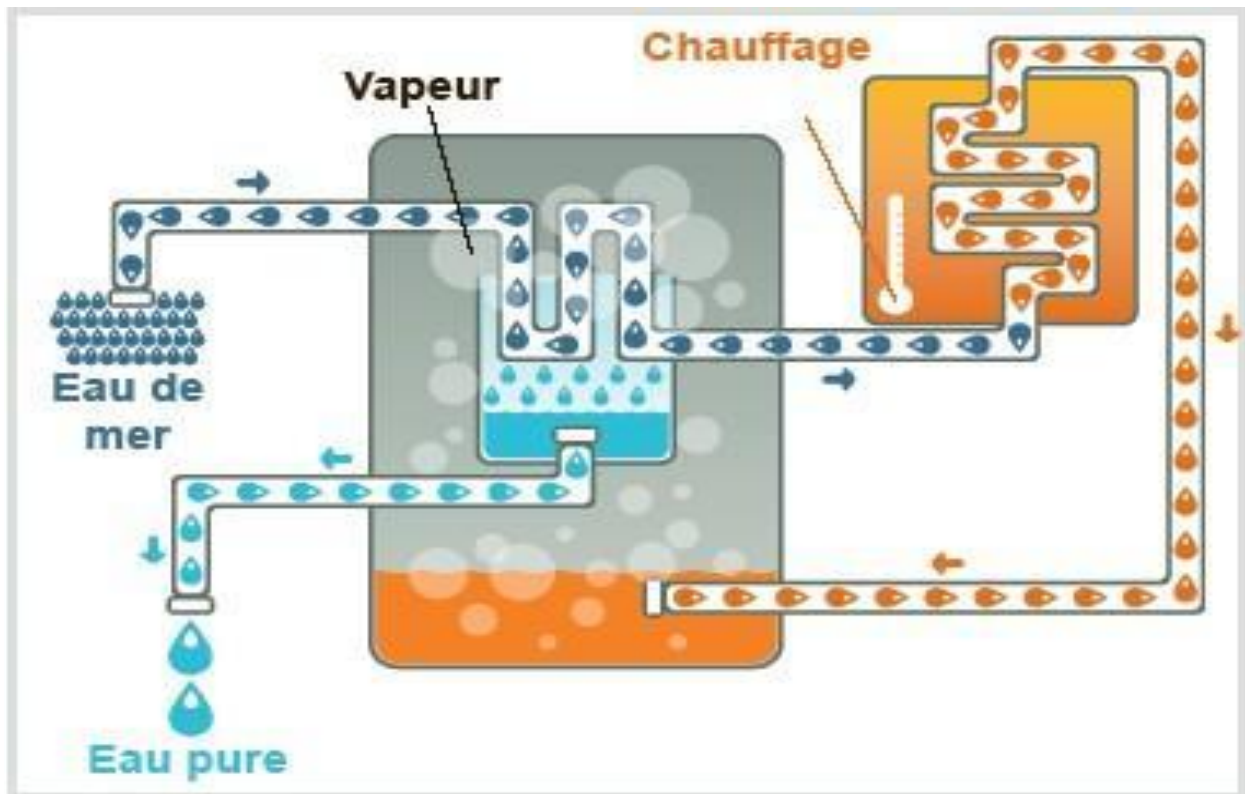


Figure N°2 : la distillation

## III.1.2. Distillation par détente à étages multiples (Distillation «Multistages Flash» ou MSF) :

Dans le procédé MSF, l'eau de mer est chauffée dans une chaudière. Cela est généralement fait en condensant la vapeur sur un faisceau de tuyaux véhiculant de l'eau de mer qui passe à travers la chaudière. Cette eau de mer chauffée coule alors dans une autre cuve correspondant à un autre étage où la pression ambiante est plus basse, si bien que l'eau commence aussitôt à bouillir. L'introduction soudaine de l'eau chauffée à chaque étage déclenche une détente et son évaporation instantanée («flash»). En général, seule une petite fraction de cette eau est convertie en vapeur, en fonction de la pression maintenue à l'étage, étant donné que l'ébullition continuera jusqu'à ce que l'eau retombe au point d'ébullition.

Le concept de distillation de l'eau dans des étages successifs dont chacun est maintenu à la pression inférieure à la pression saturante correspondant à la température de l'eau dans l'étage n'est pas nouveau et est appliqué depuis plus d'un siècle. Dans les années 1950, une unité MSF qui comportait des étages en série maintenus à des pressions de plus en plus basses a été mise en place. Dans cette unité, l'eau d'alimentation circule d'un étage à l'autre et est portée à ébullition à plusieurs reprises sans que l'on augmente la chaleur. Habituellement, une usine MSF comporte 15 à 25 étages.



# Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

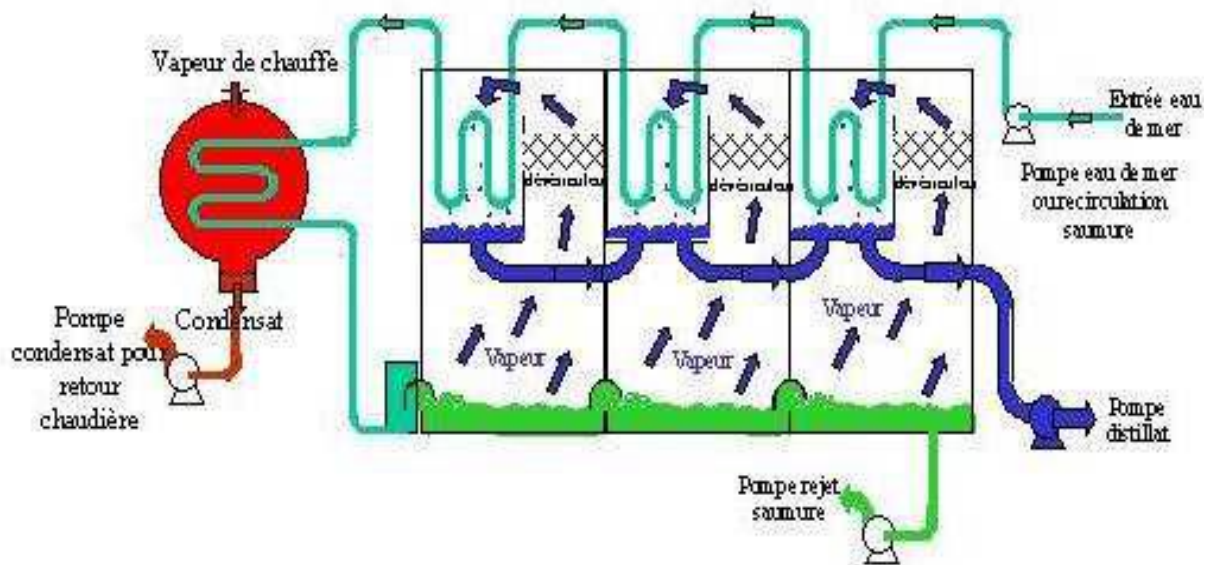


Figure N°3 : la distillation par MSF

### III.1.3. Distillation à effets multiples (Distillation «Multi-Effect» ou ME) :

Dans des évaporateurs à effets multiples (ME), la vapeur provenant du premier évaporateur se condense dans le second, et la chaleur de sa condensation sert à faire bouillir l'eau salée dans celui-ci. Par conséquent, le second évaporateur agit comme un condenseur de la vapeur provenant du premier, et l'action de cette vapeur dans le second évaporateur est identique à celle de la vapeur de chauffage dans le premier. De même, le troisième évaporateur agit comme condenseur pour le second, et ainsi de suite. Chaque évaporateur d'une telle série correspond à un «effet».

Certaines des premières usines de distillation d'eau utilisaient le procédé ME, mais les unités MSF, en raison de leur meilleure résistance à l'entartrage, ont remplacé ce procédé. Cependant, à partir des années 1980, le procédé ME a connu un regain de faveur et il a été mis en place des installations de conception nouvelle introduisant une exploitation à des températures plus basses, ce qui a permis de réduire au minimum la corrosion et l'entartrage.

# Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

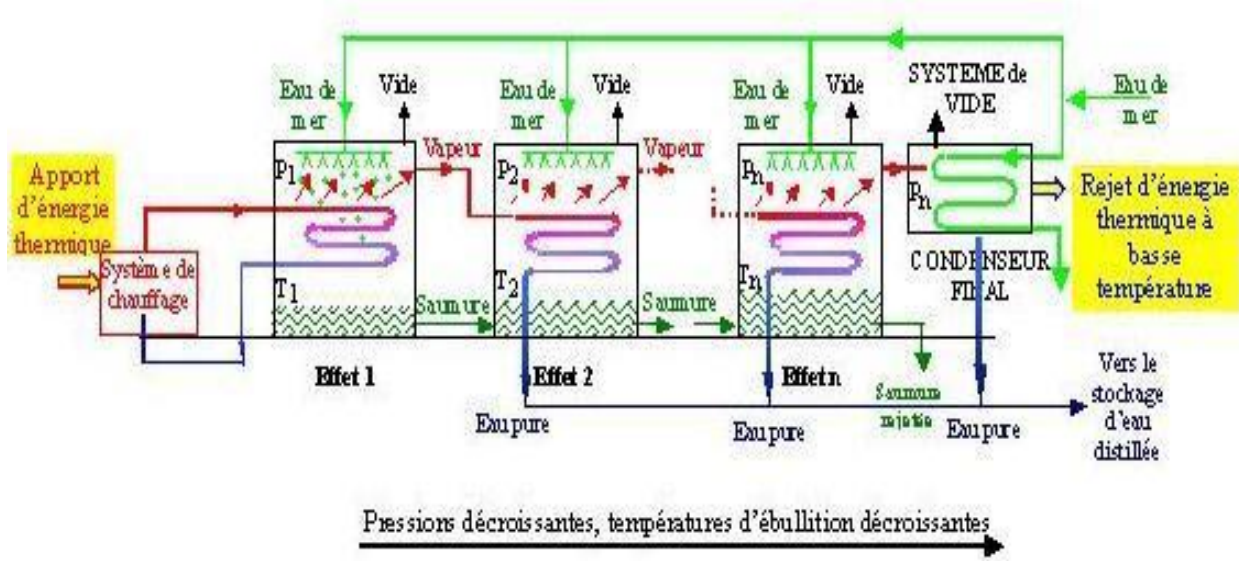


Figure N°4 : la distillation par ME

## III.1.4. Dessalement par congélation :

Le dessalement par congélation est basé sur le changement de phase liquide-solide de l'eau de mer. Selon la thermodynamique, la glace formée à partir de l'eau de mer est pure, elle peut être séparée de la solution concentrée, puis fondue afin d'obtenir une eau douce. En pratique, la glace est contaminée par les sels lors de la congélation pour des raisons cinétiques, et par la saumure elle-même pendant la séparation glace solution. Le procédé doit permettre de minimiser cette contamination. Les opérations unitaires d'un procédé de dessalement par congélation sont :

1. le prétraitement de l'eau de mer (élimination des solides en suspension, élimination des gaz dissous pour les procédés sous vide),
2. la formation des cristaux de glace à partir de la solution saline (pour les procédés en suspension, des cristaux de grande taille sont souhaités pour faciliter le lavage),
3. le lavage et/ou ressuage des cristaux de glace (pour les procédés continus, lavage dans une colonne par environ 5% de l'eau produite),
4. la fusion des cristaux de glace.

# Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

## III.2. Techniques membranaires

### III.2.1. Osmose inverse :

Dans la nature, un phénomène se produit : l'eau pure devient salée au contact de l'eau de mer, c'est le principe appelé osmose. L'osmose inverse est le phénomène inverse. Il faut faire passer l'eau à travers une membrane semi perméable grâce à une pression très élevée. La membrane semi-perméable ne laisse passer que les molécules d'eau.

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Si on considère un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes, l'osmose se traduit par un flux d'eau dirigée de la solution diluée vers la solution concentrée. Si on applique une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Avec une pression suffisamment forte, le flux d'eau va même s'annuler: cette pression est nommée la pression osmotique  $\pi$  (en faisant l'hypothèse que la solution diluée est de l'eau pure). Si on dépasse la valeur de la pression osmotique, on observe un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique: c'est le phénomène d'osmose inverse. la différence de pression osmotique entre les 2 solutions notée «  $\Delta\pi$  » est définie par la relation :

$$\Delta\pi = \pi_{\text{(solution concentrée)}} - \pi_{\text{(deuxième solution)}}$$

A : solution concentrée

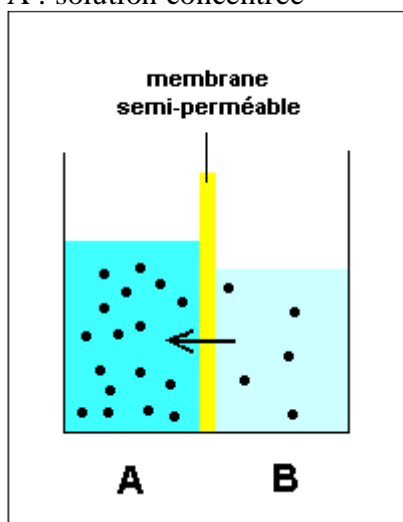


Figure N°5 : Principe de l'osmose

B : deuxième solution

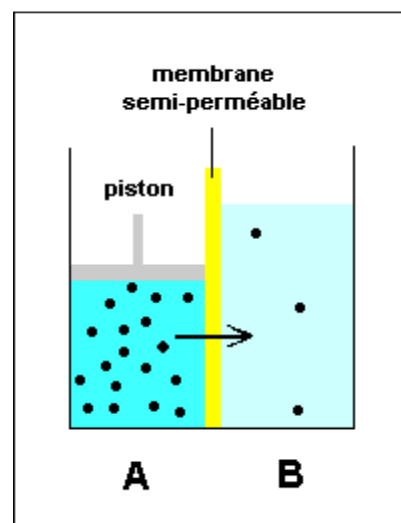


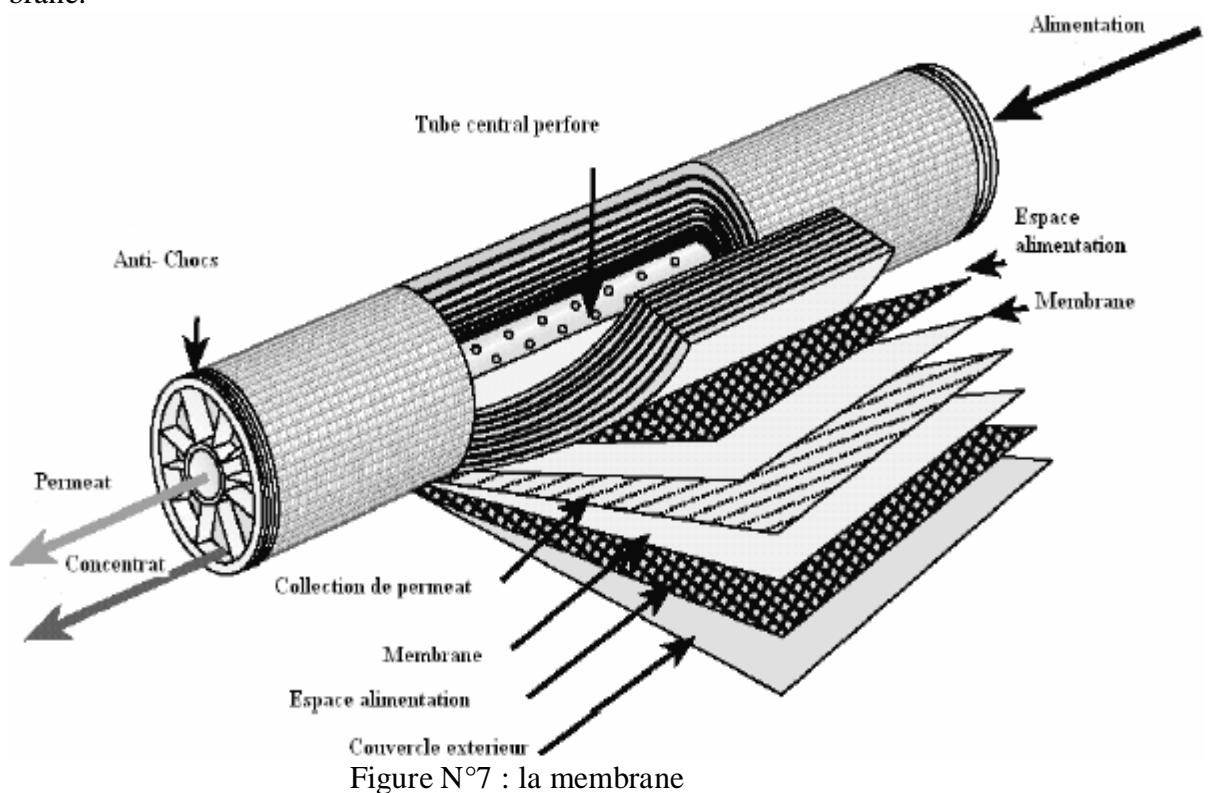
Figure N°6 : Principe de l'osmose inverse

# Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

## a. La membrane :

Une membrane semi-sélective est une membrane permettant certains transferts de matière entre deux milieux qu'elle sépare, en interdisant d'autres ou plus généralement en favorisant certains par rapport à d'autres. L'écoulement s'effectue en continu tangentiellement à la membrane. Une partie de la solution à traiter (débit  $Q_0$ ) se divise au niveau de la membrane en deux parties de concentrations différentes:

- une partie (débit  $Q_p$ ) passe à travers la membrane (perméat)
- une partie qui ne passe pas à travers la membrane (concentrât ou retentât) et qui contient les molécules ou particules retenues par la membrane.



## b. Taux de conversion :

La fraction de débit qui traverse la membrane est le taux de conversion  $Y$  défini par:

$$Y\% = (Q_p/Q_0) \times 100$$

Le flux de matière intéressant est suivant les cas du perméat (cas de la déminéralisation d'eau) ou le concentrât (concentration de produits alimentaires). Le débit de la solution d'alimentation peut atteindre une valeur 500 fois supérieure à celle du débit de perméat. Lors d'une filtration classique, la suspension à traiter est amenée perpendiculairement au milieu filtrant; l'accumulation de matières forme une couche qui diminue la porosité et ainsi le

# Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

débit de filtration. L'écoulement tangentiel permet au contraire de limiter l'accumulation sur la membrane des diverses espèces (particules, molécules, ions) retenues par cette dernière.

## c. Taux de rétention :

La sélectivité d'une membrane est définie par le taux de rejet R (ou taux de rétention) de l'espèce que la membrane est censée retenir:

$$R (\%) = [(1-C_p)/C_0] \times 100$$

Où  $C_0$  est la concentration de l'espèce à retenir dans la solution et  $C_p$  la concentration de la même espèce dans le perméat.

L'osmose inverse utilise des membranes denses sans porosité qui laissent passer le solvant et arrêtent les ions.

## III.2.2. Electrodialyse :

L'électrodialyse est un procédé chimique qui permet de séparer les ions  $Na^+$  et les ions  $Cl^-$  contenus dans une solution salée afin de ne conserver que les molécules d'eau.

Un électrodialyseur est composé de plusieurs compartiments séparés alternativement par des membranes anioniques ou cationiques et à chaque extrémité du système on dispose d'une cathode et d'une anode. Ces membranes sont des parois minces, denses et insolubles entre deux phases aqueuses. Le transfert d'un ion à travers une membrane est accompli par l'action d'un champ électrique. Les procédés électro dialytiques utilisent des membranes organiques composées de matériaux similaires à ceux des résines échangeuses d'ions. La structure de la membrane est fabriquée à partir d'un matériau polymère, comme du chlorure de polyvinyle (PVC). La nature des ions détermine le type de membrane : les membranes cationiques sont perméables aux cations (membranes échangeuses de cations, MEC) et les membranes anioniques sont perméables aux anions (membranes échangeuses d'anions, MEA).

Parfois un prétraitement de la solution est nécessaire. En effet les particules en suspension d'un diamètre supérieur à 10 nm sont susceptibles de boucher les pores de la membrane, de plus certaines substances chimiques sont capables de neutraliser les effets sélectifs de la membrane, tels que les anions organiques de grandes tailles, les oxydes de fer ou de manganèse, ainsi, chaque ion après avoir traversé une membrane se retrouve « pris au piège » dans le compartiment suivant, et les compartiments ne sont plus que remplis de molécules d'eau. Ces compartiments s'appellent compartiments de dilution. On obtient ainsi de l'eau pure. Toutefois se pose le problème des compartiments de concentration, car si certains s'appauvrissent en sel, d'autres s'enrichissent logiquement en sel dissous.

# Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

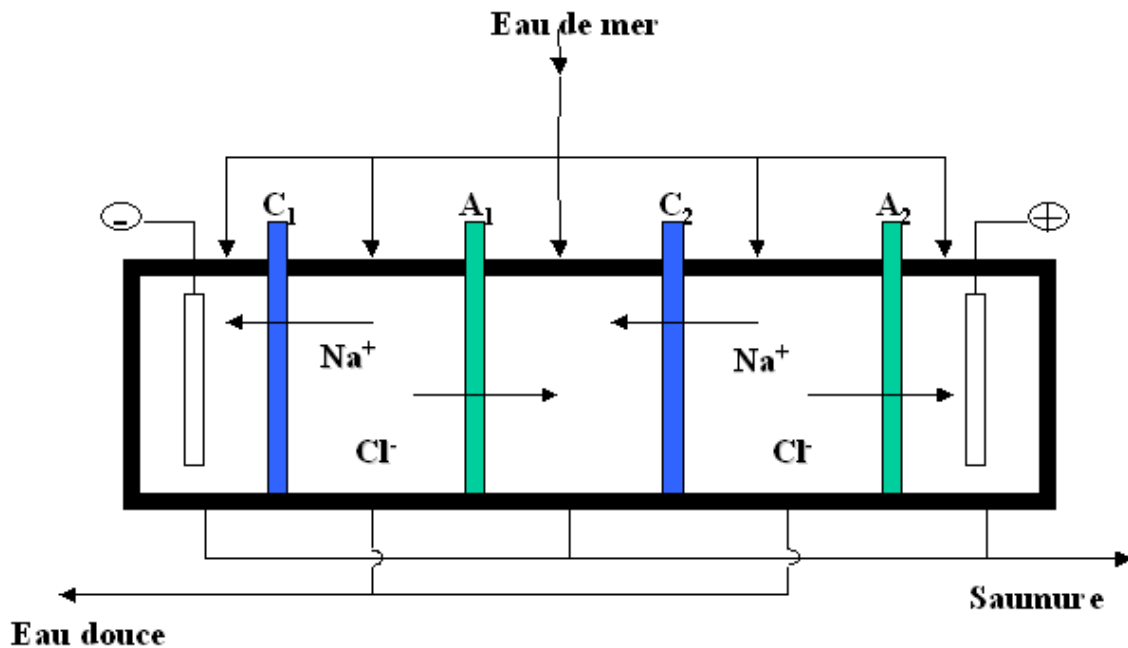


Figure N°8 : Electrodialyse

## III.2.3. Ultrafiltration :

Le procédé de traitement des eaux par membranes d'ultrafiltration apporte une qualité de traitement et une sécurité sanitaire inégalables. Dernière étape de traitement, l'ultrafiltration s'intègre dans une filière globale de traitement adaptée aux caractéristiques de la ressource en eau. L'ultrafiltration élimine les particules, les colloïdes et les macromolécules avec une turbidité résiduelle réduite à moins de 0.2 NTU sans altérer l'équilibre de l'eau en sels minéraux. Les membranes utilisées par stercaro sont du type fibres creuses en Polyethersulfone fonctionnant en basse pression. Ce matériau de référence, insensible à l'attaque des bactéries et facilement lavable, autorise la filtration frontale même sur des eaux chargées au bénéfice de la consommation énergétique et de la maintenance. En filtration frontale, les modules membranaires peuvent être disposés horizontalement et regroupés dans des tubes pour accroître la compacité et l'accessibilité.

L'ultrafiltration utilise des membranes microporeuses dont les diamètres de pores sont compris entre 1 et 100 nm. De telles membranes laissent passer les petites molécules (eau, sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymères, protéines, colloïdes). Pour cette raison, cette technique est utilisée pour l'élimination de macro-solutés et des particules sans altérer l'équilibre de l'eau en sels minéraux.



## Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer



Figure N°9 : ultrafiltration

# Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

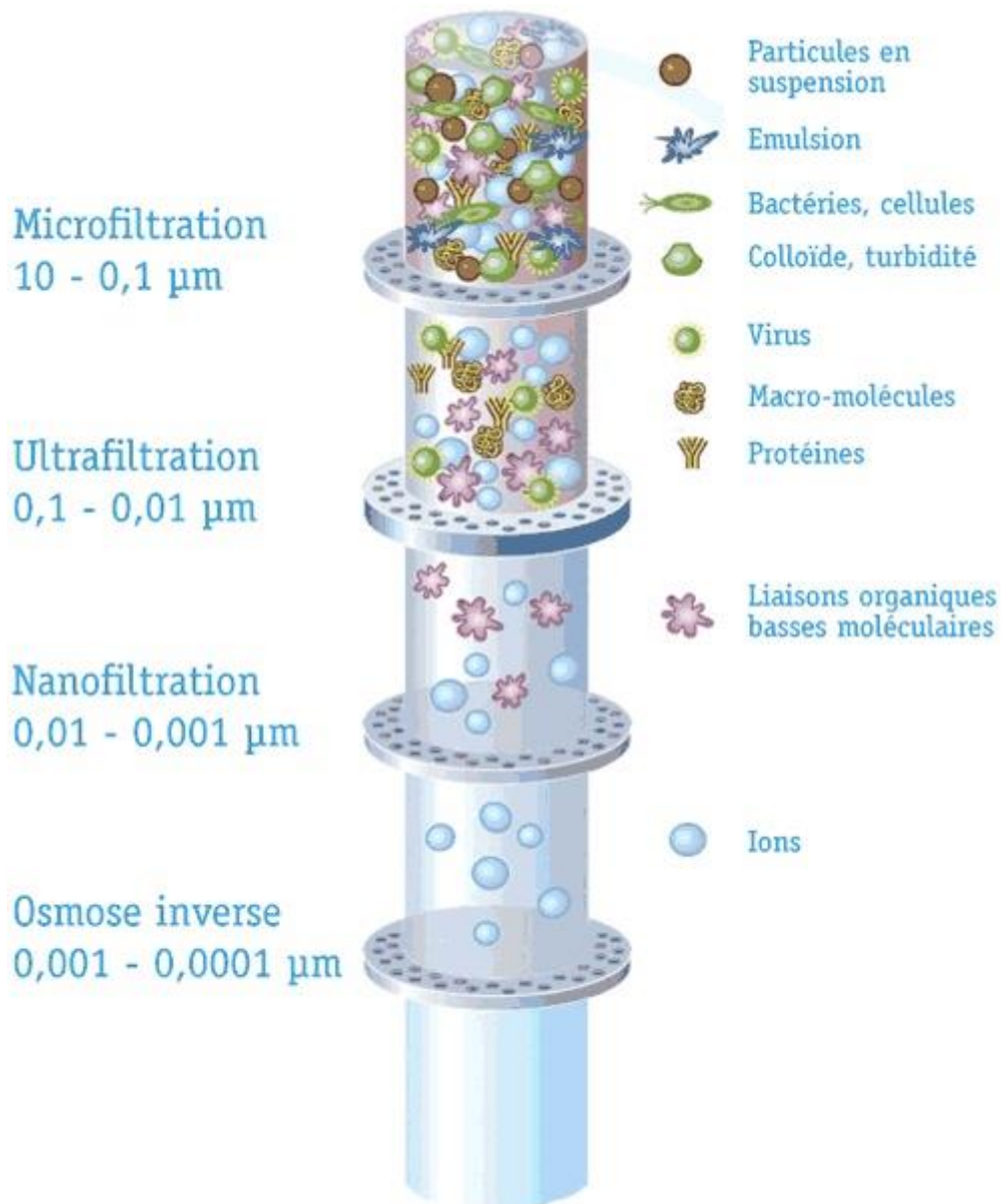


Figure N°10 : Schéma représentant les différentes particules retenues par les différentes techniques décrites ci-dessus

## a. La microfiltration :

La MF consiste à éliminer d'un fluide les espèces dont les dimensions sont comprises entre 0,05 et 10  $\mu\text{m}$ . Les espèces sont sous la forme de solutés ou de particules qui sont retenus à la surface de la membrane par effet d'exclusion. Les membranes les plus utilisées sont poreuses en polyamide ou polypropylène, ou encore inorganiques (en oxyde métallique ou céramique). En flux frontal direct, la totalité du fluide est pompé à travers la membrane pendant que le retentât s'accumule à la surface formant un gâteau dont l'épaisseur dépend du temps de filtration. Quand le débit du filtrat n'atteint plus le débit nominal aux valeurs maximales de



# Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

pression transmembranaire, le gâteau doit être retiré. Cela impose un travail en mode discontinu. Par contre, en flux tangentiel, la solution circulant parallèlement à la paroi à une vitesse de 0,5 à 5 m/s imprimée par un système de pompes, cela limite la formation d'une couche obstruant les pores du simple fait du régime de l'écoulement; cela permet de travailler en continu. De plus, perméat et retentât peuvent être récupérés. La pression transmembranaire varie environ de 0,05 à 3 bars. La MF se prête non seulement à la séparation solide-liquide, mais aussi liquide-liquide des émulsions huile dans l'eau. L'utilisation de la MF pour le traitement des effluents industriels a pour but de récupérer d'un côté les particules ou des macrosolutés et de restituer de l'autre un fluide propre. La démarche consiste soit à purifier un fluide, soit à recycler les solutés collectés. Dans les cas les plus favorables, les deux opérations peuvent être envisagées simultanément. A titre d'exemple, citons l'emploi d'une unité de MF destinée à retenir des agrégats de métaux contenu dans une eau de rinçage avant le rejet vers le milieu naturel. Le perméat semble être conforme aux normes de pollution en vigueur; par contre, le retentât est une liqueur concentrée constituée d'un mélange de métaux lourds qui ne peut pas être réutilisé et présente une énorme charge toxique : seulement la moitié du problème est traité. Une opération plus achevée consiste à substituer un traitement classique par un traitement par MF. Un effluent de blanchisserie contenant un détergent, plusieurs solvants, des hydrocarbures et des solides en suspension présente une DCO (Demande Chimique en Oxygène) supérieure à 100 000 mg/l. Le traitement classique mettant en jeu des réactifs chimiques donne un faible abattement de DCO. Par contre, le perméat de MF a une DCO réduite de 90% par rapport à sa valeur initiale, 90% des huiles sont extraites et la réduction des MES (Matières en Suspension) est supérieure à 95%. Il contient, de surcroît, la quasi-totalité du tensioactif et sa température est proche de celle du bain de lavage : le recyclage est possible en réajustant la concentration en tensioactif et la température. Une économie d'eau et d'énergie est ainsi réalisée. Le rétentat, riche en matière organique est utilisé comme combustible de chaudière. Nous voyons donc que la MF permet de participer au recyclage de certains effluents à condition que les composés puissent être séparés en fonction de leur taille et que les différences entre les composés à retenir et les autres soient importantes en raison des diamètres de pores des membranes de MF, dans tous les cas, l'utilisation doit être pensée à l'intérieur d'un procédé global de retraitement, la solution ne pouvant être seulement apportée par une opération de MF.

## **b. Nanofiltration :**

La nanofiltration (NF) est aussi un procédé de séparation faisant intervenir la pression comme force motrice. Sa capacité de séparation se situe entre l'UF (1 à 10 nm) et l'osmose inverse (OI) (0,1 à 1 nm). Les membranes utilisées ont un seuil de coupure, variant de 1 à 5 nm, laissant perméer les ions monovalents et molécules de diamètre équivalent. Ceux-ci contribuant à la valeur élevée de la pression osmotique de la solution, leur non-rétention implique la diminution de pression à appliquer, environ 5 à 10 bars. Par-là même, l'énergie consommée sera moindre. La NF peut trouver des applications dans la séparation entre ions monovalents et divalents ou plus généralement au dessalement d'effluents et plus récemment à la désacidification. La séparation ionique est alors en concurrence avec les procédés électrodialytiques mais dès que le milieu devient complexe sa composition joue sur la sélectivité et l'efficacité des membranes. Pour connaître les avantages de l'une ou l'autre des méthodes il faudrait posséder des résultats comparables pour juger, en particulier, de la sensibilité de la NF et de l'électrodialyse par exemple

# Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

## c. Autres procédés :

Un certain nombre d'autres procédés ont été utilisés pour dessaler les eaux saumâtres ou marines. Ces procédés n'ont pas permis d'obtenir le rendement de la distillation ou de l'osmose inverse, mais ils se sont avérés valables dans certaines circonstances ou appellent encore à des perfectionnements.

## IV- Utilisations du dessalement :

Naturellement, on dessale l'eau de mer pour pouvoir la boire mais l'eau osmosée peut convenir pour d'autres choses. Tout d'abord l'eau dessalée évite beaucoup de maladies ce qui est très bien pour les enfants, comme ils sont constitués à 80 % d'eau, ils ont besoin d'une eau de très bonne qualité. Elle est recommandée pour l'hygiène, la toilette pour les peaux sensibles. Ensuite, on peut utiliser cette eau en toute sécurité dans les appareils ménagers, comme le fer à repasser, la cafetière... Il n'y aura plus de dépôts de chlore. De plus, elle n'influe pas sur le goût et garde les propriétés des aliments, notamment les légumes cuits dans l'eau. Beaucoup d'aquariophiles, l'utilisent, car la propreté de l'aquarium et la survie des animaux dépendent de la qualité de l'eau. Mais bien qu'elle soit beaucoup mieux que l'eau «du robinet» il faut tout de même rajouter des minéraux car les poissons, tout comme nous, ont besoin de minéraux et ne supportent pas une eau où la dureté\* est nul.

produire de l'eau déminéralisée pour l'alimentation d'accumulateurs électriques (traction ou marine).

Il ya plusieurs utilisations de dessalement comme :

### 1. L'agriculture

Le refroidissement du sol par des canalisations d'eau de mer condenserait l'humidité atmosphérique ambiante au pied des racines des plantes. Le maintien d'un écart de température entre les racines et les feuilles des plantes (conditions printanières) provoquerait une stimulation continue de la pousse. Cette application est étudiée au Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority (NELHA). L'eau est également utilisée en [horticulture](#) pour l'arrosage des [plantes calcifuges](#).

### 2. L'aquaculture

L'eau de mer profonde est riche en nutriments, très stable du point de vue des caractéristiques physico-chimiques et dénuée d'agents pathogènes, donc bien adaptée à l'aquaculture. Elle commence à être au point pour l'élevage de morues en Norvège et elle est développée au Japon (crevettes, saumon). La truite, le carrelet, l'ormeau et certaines variétés d'huîtres sont également concernés.

Les revenus supplémentaires pour les centres d'élevage de poissons et de crustacés ou de production d'algues (pour des industries pharmaceutiques comme *Cyanotech* qui commerce la spiruline) utilisant cette eau pourraient être supérieurs à ceux générés par la vente de l'électricité.

# Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

## 3. L'industrie

L'eau est utilisée dans le cadre du refroidissement des centrales thermiques.

Par ailleurs, les petits états insulaires en développement (PIED) rencontrent souvent des problèmes dans la fourniture d'électricité, en raison de leur manque de ressources naturelles. En janvier 2005, dans le cadre de la Foire des innovations insulaires du Community Vilaj, l'Institut de l'Energie Océanique de l'Université de Saga (IEOUS) au Japon a présenté un modèle réduit de son Cycle Uehara, qui est le plus performant en matière de Conversion d'énergie thermique océanique (CETO). Le principe du système CETO est le suivant : il convertit l'énergie thermique créée par la différence de température entre l'eau en surface (de 25 à 30°C) et celle qui se trouve à 800 mètres de profondeur (de 5 à 8°C) en électricité. Par ailleurs, le Cycle Uehara, qui est un système hybride, dessale l'eau de mer pour offrir une fourniture d'eau fraîche quasi-in

Elle est aussi utilisée dans l'industrie pharmaceutique, ou des semi-conducteurs, où une eau pure est indispensable à la fabrication du produit.

Dans l'industrie agro-alimentaire, elle est utilisée pour :

- Concentrer le sucre de la sève de canne, du jus de betterave ou de l'eau d'érable ; on limite ainsi la consommation d'énergie pour évaporer l'eau dans la production du sirop ou de cristaux de sucre ;
- Concentrer le lait et les produits laitiers afin de réduire les coûts de transport ;
- Extraire les protéines du lactosérum ;
- Concentrer les moûts en vue d'augmenter le degré alcoolique final des vins ; cette technique se répand en œnologie comme alternative à la chaptalisation.

En cosmétologie, l'eau de mer aurait des capacités reminéralisantes, anti-infectieuses, antistress, antidouleur et revitalisantes.

## V-Avantages et Inconvénients du dessalement :

A / Avantages :

- pH légèrement acide de 6.6 (idéal pour la digestion, l'assimilation des aliments et rééquilibre de pH du sang généralement trop toxique).
- Résistivité élevée 20000 à 30000 ohms, ce qui permet une parfaite élimination des toxines par les reins.
- L'eau dessalée est antioxydant, alors que l'eau en bouteille est plus oxydée, du fait du délai souvent trop long entre la mise en bouteille et la consommation
- L'énergie de l'eau dessalée est nettement supérieure à celle de l'eau en bouteille, qui est en outre chargée de tous les rayonnements nocifs qu'elle subit pendant son transport et dans les lieux de stockage.

# **Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer**

- L'utilisation de l'eau de mer qui peut être actuellement considérée comme une ressource inépuisable car l'eau est une énergie renouvelable.
- Une pollution minime par rapport aux autres types d'usines (nucléaire, hydraulique,...).
- Diminuer par 3 ou 4, les consommations énergétiques par rapport au dessalement thermique
- Gérer les résidus (concentrât) pour améliorer le bilan environnemental

# Chapitre 1 : étude bibliographique sur le dessalement de l'eau de mer

## B / Inconvénients :

- La faible durée de vie des membranes, qui est de l'ordre de 3 à 5 ans.
- Besoins énergétiques importants, l'énergie consommée est énorme.
- Les pertes en eau : le rendement n'est que de 75% et ainsi 25% de saumure (solution aqueuse très concentrée en sel) restent à la fin et sont inutilisables. --  
La pureté de l'eau est toujours inférieure à 100%.
- Rejet des saumures concentrées (et chaudes dans le cas de la distillation) en mer ou injectées dans le sol :
- Emploi de produits chimiques pour nettoyer les membranes ;
- Traces de métaux lourds échappés des installations ;
- Aucune législation spécifique concernant la potabilité de l'eau issue de ces traitements.
- Un volume d'eau produite insuffisant comparé au volume d'eau de mer prélevé

## Conclusion :

Les technologies actuelles de dessalement des eaux sont classées en deux catégories, selon le principe appliqué :

- Les procédés thermiques faisant intervenir un changement de phases : la congélation et la distillation.
- Les procédés utilisant des membranes: l'osmose inverse et l'électrodialyse.

Parmi les procédés précités, la distillation et l'osmose inverse sont des technologies dont les performances ont été prouvées pour le dessalement d'eau de mer. En effet, ces deux procédés sont les plus commercialisés dans le marché mondial du dessalement. Les autres techniques n'ont pas connu un essor important dans le domaine à cause de problèmes liés généralement à la consommation d'énergie et/ou à l'importance des investissements qu'ils requièrent.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

Au départ, lorsque les pouvoirs publics ont retenu ce mégaprojet, la zone industrielle d'Arzew était déjà saturée. Il a été décidé alors d'aller plus loin et le choix a porté sur El Mactaa, "d'autant que c'est une zone historique ayant abrité la bataille d'El Mactaa en 1835. C'est toute une symbolique".

Elle est dotée de systèmes d'ultrafiltration (UF) membranaire et de systèmes d'osmose inverse (OI) à la pointe de la technologie. L'exploitation de l'usine est entièrement automatisée grâce à un contrôleur logique programmable (PLC), avec un système de contrôle de surveillance (SCS) qui se compose d'un système de contrôle et d'acquisition de données (SCADA) et d'un système d'interface homme-machine (IHM)

### Présentation de la station

#### I) Aperçu général sur la station :

La station d'EL MAGTAA et une méga station de capacité maximal 500000 m<sup>3</sup>/h début de projet le 26 Décembre 2008 la fin de projet novembre 2014 par la société TEMIM associier avec ADE et AEC et hayflux sa capacité de produire 300000 m<sup>3</sup>/h par jours.

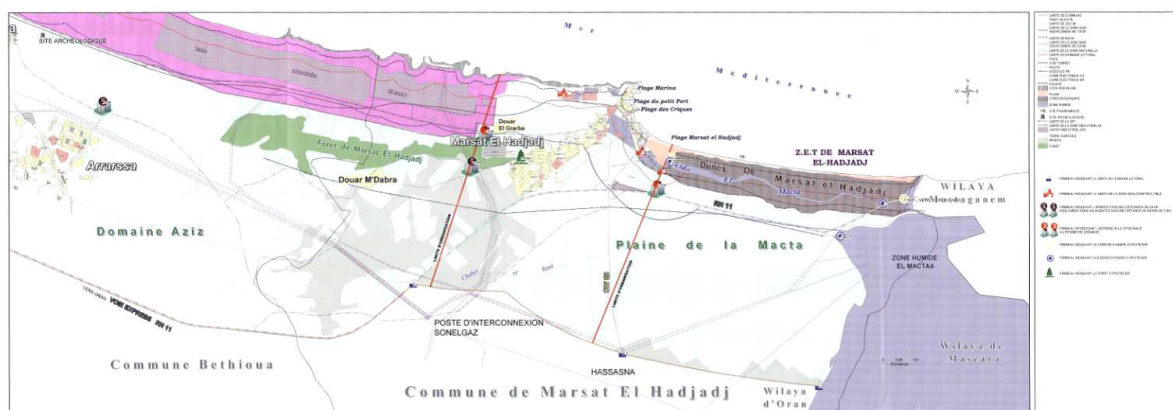


Figure N°10 : plan de situation

#### I.a) SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le site de l'usine de dessalement d'eau de mer de Magtaa est localisé dans la wilaya d'Oran Daira de Béthioua, Commune de Mers El Hadjadj au niveau de la ferme MOZA à 03 km du chef lieu. A 48 km à l'Est de wilaya d'Oran et à environ 30 km à l'Ouest de la wilaya de Mostaganem, le site est sillonné par la route nationale RN°11 en provenance de Mostaganem et en direction d'Oran. De même le site du projet est situé à 05 km de la zone industrielle d'Arzew.

## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

La commune de Mers El Hadjadj est de création coloniale; actuellement, elle constitue le chef lieu de commune, attachée administrativement à la daïra de Béthioua, wilaya d'Oran.

La commune de Mers El Hadjadj s'étend sur une superficie de 6300 ha et se situe au Nord-Est de la ville de d'Oran.

### **I.b) Géologie de la région**

Le plateau de Mactaa présent dans sa partie Nord-Ouest, en zone littorale les formations de lumachelles du calabrien pliocène supérieur et les assises de marnes gris verte de miocène supérieur, du point de vue structural, ils s'accompagnent de nombreux accidents tectoniques secondaires susceptibles d'avoir un impact sur les conditions d'écoulement des eaux, le littorale de bordure du plateau de St Louis.

### **I.c) Coordonnées de l'usine:**

Indicatif : 452

Latitude : 35°49

Longitude : 00°16 W

Altitude : 3

### **I-d) Histoire de la région :**

La bataille de la Macta a eu lieu le 28 juin 1835, près de la rivière de la mactaa , entre les troupes françaises du général Camille Alphonse Trézel et une coalition de guerriers tribaux de l'Emir Abdelkader, pendant la conquête française de l'Algérie.

Déroulement:

La colonne française, qui avait livré une bataille peu concluante mais quelque peu sanglante avec Abdelkader quelques jours plus tôt, se repliait vers Arzew pour se ravitailler, lorsque Abdelkader l'attaqua dans les marais sur les rives de la Macta dans l'actuel ouest algérien. Les troupes françaises ont paniqué, et, dans une retraite désorganisée, se sont enfuis à Arzew. Les Algériens firent une pyramide avec la tête des Français vaincus, prétendument des centaines au total.

Conséquences:

Après l'affrontement, l'émir Abdelkader installe sa capitale à Tagdemt. En France, le désastre conduisit au rappel du général Trézel et du comte d'Erlon, premier gouverneur général d'Algérie, et permit à Abdelkader d'acquérir de l'influence sur les tribus dans toute l'Algérie.

## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

### **II. Description du processus :**

Le processus de l'usine peut être scindé en 3 étapes principales de traitement, le premier est l'étape de prétraitement, suivie de l'étape d'osmose inverse et finalement de l'étape de post-traitement.

#### **II-1 .a) Etape de prétraitement :**

L'étape de prétraitement a pour objectif de traiter l'eau de mer afin de réduire au minimum l'encrassement des membranes d'osmose inverse, par conséquent le processus de nettoyage chimique des membranes (CIP : Cleaning In Progress) sera le moins fréquent possible. La qualité de l'eau prévue dans l'amenée d'eau de mer proposée sera faible en turbidité, toutefois la possibilité d'encrassement des membranes d'osmose inverse reste élevée, ainsi le prétraitement est nécessaire pour abaisser le potentiel d'encrassement colloïdal à un niveau acceptable.

Dans la pratique ceci est mesuré en utilisant l'indice de mesure d'encrassement  $SDI_{15\text{mins}}$  ( $SDI = \text{Silt Density Index} : \text{Indice de Densité de Limon}$ ). L'eau d'alimentation d'OI sera traitée pour atteindre une valeur de SDI plus faible que 5 grâce aux procédés de prétraitement suivants.

L'eau de mer contient également beaucoup de micro-organismes qui doivent être stoppés avant leurs entrées dans les installations de traitement ou alors être minimisés en contrôlant leurs croissances, de préférence ils seront stoppés. Les exemples d'organismes de grandes tailles sont les poissons tandis que les organismes de petite taille sont les mollusques, bernacles etc.

Le tamisage physique de l'eau de mer éliminera la plupart des organismes et contaminants solides. Une filtration plus fine est cependant exigée pour abaisser le SDI d'eau d'alimentation de SWRO à un niveau acceptable.

Pour atteindre les objectifs ci-dessus le processus de prétraitement de l'usine inclut :

- Les tamis grossiers
- Les tamis fins



## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

- Les pompes d'eau de mer
- Le système d'ultra-filtration (UF) par membrane

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

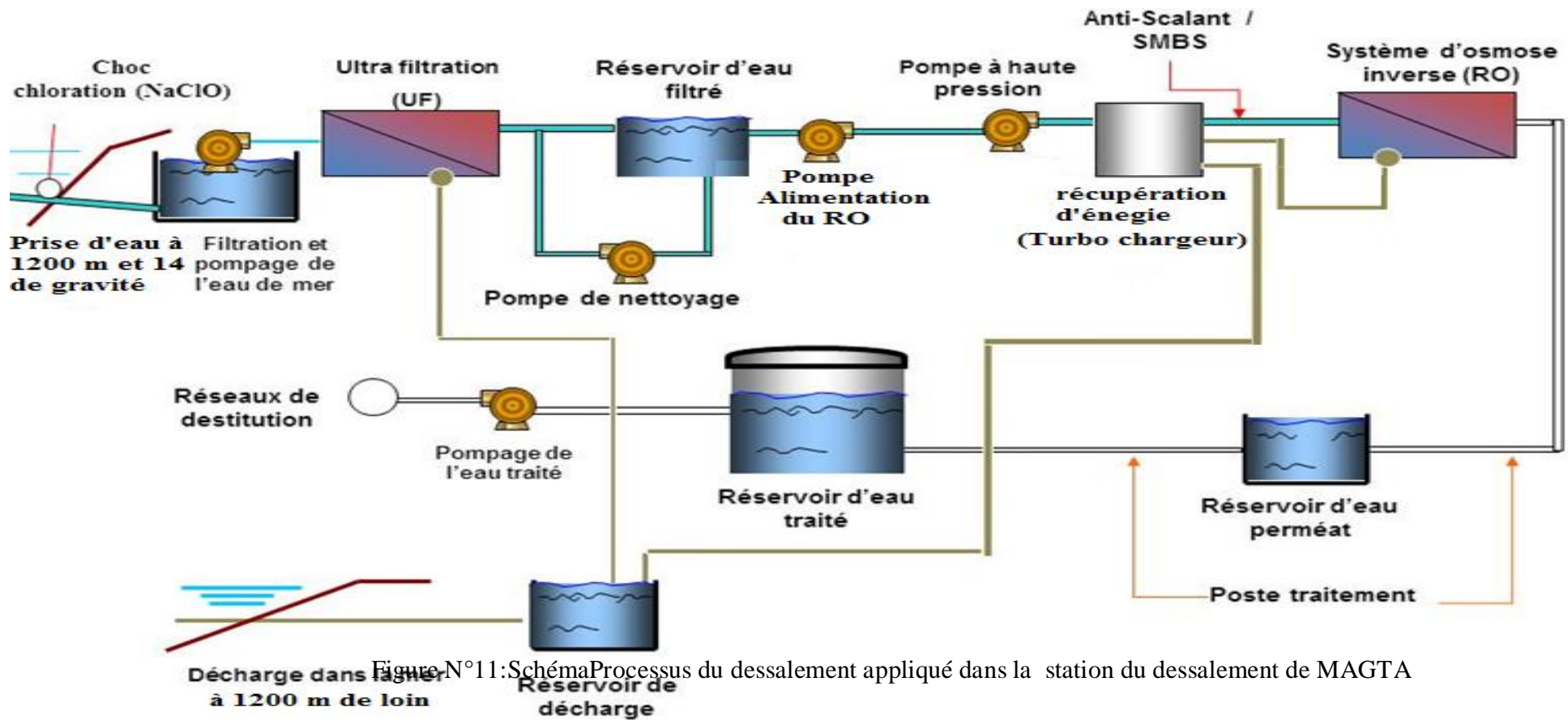


Figure N°11: Schéma du processus de dessalement appliqué dans la station de dessalement de MAGTA

## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

- Le réservoir d'eau filtrée
- Les pompes de nettoyage d'UF
- Le système de nettoyage chimique pour l'UF
- Le dosage du chlore pour l'amenée d'eau de mer

### **II-1-1) Tamis grossiers et fins**

La première étape du prétraitement consiste à faire passer l'eau de mer à travers 2 ensembles de tamis. Dans le premier ensemble des tamis de 20 millimètres sont utilisés. Ces tamis grossiers excluront les organismes de grandes tailles présents dans l'eau de mer telle que les poissons.

Pour la conception d'UF, des tamis de 200 microns seront employés afin de filtrer les organismes de petites tailles tout en assurant la protection du système d'ultra-filtration.

### **II-1-2) Pompes d'eau de mer**

Ces pompes fournissent le débit et la pression d'alimentation nécessaire pour les trains d'UF

### **II-1-3) Système d'ultrafiltration**

Le système d'ultra-filtration (UF) est prévu pour filtrer l'eau de mer après les différents tamis. L'UF enlèvera les particules colloïdales restantes en solution et produira une eau filtrée de basse turbidité ainsi que de faible SDI.

L'utilisation de l'UF signifie également qu'il n'est pas nécessaire de doser un coagulant pour le prétraitement comme exigé avec des installations conventionnelles de traitement.

### **II-1-4) Réservoir d'eau filtrée**

L'eau filtrée produite par les trains d'ultra-filtration sera stockée dans un réservoir d'eau filtrée fermé. L'eau de ce réservoir est employée comme eau d'alimentation pour les trains d'OI. Une partie de cette eau est employée pour nettoyer les trains d'ultra-filtration pour maintenir le débit et flux de fonctionnement des membranes.

## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

### **II-1-5) Système de nettoyage d'UF (CIP = Cleaning-In-Place)**

Un système CIP est prévu pour l'installation d'ultrafiltration. Ceci peut être employé pour entreprendre l'entretien ou le nettoyage des membranes d'UF afin de maintenir les performances de l'usine.

### **II-1-6) Dosage choc du chlore**

L'hypochlorite de sodium est dosé périodiquement dans la structure d'amenée d'eau de mer. Ce dosage du chlore désinfectera l'amenée d'eau de mer ainsi que les tamis et réduira la croissance biologique dans les installations de prétraitement

### **II-2) Étape d'osmose inverse :**

Le dessalement d'eau de mer sera accompli par osmose inverse. L'étape d'osmose inverse de l'usine inclut les équipements suivants :

- Les pompes d'eau filtrée
- Les pompes d'alimentation d'osmose inverse d'eau de mer (SWRO)
- Les trains de SWRO
- Le système de récupération d'énergie (Energy Recovery System)
- Le réservoir encastré
- Le système de nettoyage chimique d'OI
- Le système de dosage de l'hydroxyde de sodium
- Le système de dosage de l'antitartre

#### **II-2-1) Pompes d'eau filtrée**

Celles-ci fournissent l'eau filtrée aux pompes d'alimentation de SWRO. Le variateur de vitesse commande la vitesse du moteur de la pompe qui ajuste ainsi la pression de l'eau filtrée avec le temps afin de s'adapter au vieillissement des membranes de SWRO.

## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

### **II-2-2) Pompes d'alimentation de SWRO**

Ces pompes de vitesse fixe augmenteront la pression de l'eau filtrée à la pression exigée pour le fonctionnement des membranes de SWRO. L'eau filtrée à haute pression provenant de cette source sera mélangée avec l'eau filtrée pressurisée par le système ERS pour l'alimentation des trains d'OI. Chaque pompe d'alimentation de SWRO est consacrée à son propre train de SWRO.

### **II-2-3) Trains d'osmose inverse d'eau de mer (SWRO)**

Le dessalement primaire d'eau de mer se produira dans ce système d'étape unique de SWRO. L'eau de mer pressurisée sera séparée en 2 jets, un jet de basse pression de perméat et un jet à haute pression de saumure. 45% de l'eau d'alimentation des trains de SWRO sera convertie en perméat, les 55% restant étant le rejet de saumure.

L'eau de faible teneur en SDT (Solides Dissous Totaux) obtenue des trains de SWRO satisfera les conditions en SDT, chlorure, sodium et en bore lors de la mise en service de l'usine.

Le SWRO au commencement produira approximativement 505 MLD (Million Litres per Day) de perméat.

La conception des trains de SWRO sera basée sur l'utilisation en une seule étape de modules de pression pour réduire la tuyauterie et pour simplifier la construction.

### **II-2-4) Système de récupération d'énergie (ERS)**

Le système de récupération d'énergie est basé sur l'utilisation d'un système de turbo-chargeurs hydrauliques dans lesquels l'énergie du rejet est utilisée pour augmenter la pression d'alimentation d'OI au niveau requis.

### **II-2-5) Réservoir encastré**

Ce réservoir sert de réservoir tampon pour le perméat de SWRO. Le perméat de SWRO s'écoule par gravité vers le réservoir de l'eau traitée. De plus ce réservoir est la source de l'eau de service pour le site.

## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

### **II-2-6) Système de nettoyage chimique d'OI (CIP = Cleaning-In-Place)**

Un système de nettoyage est prévu pour traiter les membranes d'OI si elles s'encrassent. Le nettoyage chimique est sous le contrôle d'un opérateur et ce fait seulement en cas de besoin.

### **II-2-7) Dosage de l'hydroxyde de sodium**

Afin de maximiser l'enlèvement du bore les trains SWRO seront dosés à l'hydroxyde de sodium pour élever le pH. Le pH des trains de SWRO peut être augmenté dans le temps afin de prendre en compte l'abaissement du rejet des membranes.

### **II-2-8) Dosage de produit chimique d'antitartre**

Dans le SWRO la cause principale du souci pour l'entartrage est la précipitation du carbonate de calcium dans le rejet de saumure. L'utilisation du dosage de l'acide sulfurique ou d'un inhibiteur peut contrôler cet entartrage pour le SWRO.

Nous avons choisi le dosage d'antitartre plutôt que l'ajout d'acide en tant que mécanisme primaire de contrôle. Ceci permettra au pH de l'eau d'alimentation de SWRO d'être autour de 7,8 à 8,2 et de donner une meilleure qualité de bore dans le perméat de SWRO plutôt que le dosage d'acide qui abaissera le pH de 6,5 à 7,0 pour le control de l'index de Langelier.

### **II-3) Étape de post-traitement :**

II-3-1) Le jet de perméat satisfera plusieurs des conditions d'eau traitée tel que les chlorures, le sodium, le potassium, et le niveau de turbidité. Cependant le perméat est dit « agressif » dû à sa valeur fortement négative d'index de saturation de Langelier (LSI : Langelier Saturation Index), de plus il doit être désinfecté pour protéger le système de stockage et de distribution. En outre nous devons expédier l'eau dans le système de distribution depuis le réservoir de stockage d'eau traitée, donc une station de pompage d'eau traitée est incluse dans la conception.

L'équipement suivant est donc inclus :

- Dosage du chlore
- Dosage du dioxyde de carbone
- Dosage de la chaux
- Réservoir d'eau traitée

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

- Station de pompage d'eau traitée

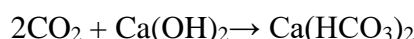
Le dosage du chlore, sous forme d'hypochlorite de sodium, est injecté dans le jet de perméat en aval du réservoir encastré. Ce point de dosage est choisi afin de ne pas avoir d'eau chlorée dans le réservoir encastré car ce serait nocif pour les membranes lorsque le rinçage du perméat est exigé.

On s'attend à ce que la demande en chlore soit basse car l'ultra-filtration et les membranes d'osmose inverse excluront la majeure partie de la matière organique qui réagira avec le chlore.

### II-3-2) Dosage du dioxyde de carbone et de la chaux

L'eau désinfectée sera dosée avec une solution de dioxyde de carbone et de chaux avant d'entrer dans le réservoir de stockage d'eau traitée. Le dioxyde de carbone et la chaux (hydroxyde de calcium) réagiront ensemble pour former le bicarbonate de calcium. En sélectionnant le mélange adéquat des deux produits chimiques le pH de l'eau sera augmenté tandis que l'index de saturation de Langelier atteindra la gamme désirée donnant ainsi une eau stable « non-agressive » pour la distribution. Ce dosage aura pour conséquence d'avoir une eau traitée d'alcalinité de 30mg/l (comme  $\text{HCO}_3^-$ ) selon les exigences de spécification de la qualité de l'eau traitée.

La réaction est la suivante :



Dans la pratique le dioxyde de carbone sera injecté à un taux de dose fixe prédéterminé et le dosage de la chaux sera commandé par le pH à un point désiré, prévu pour être autour de 8,0 à 8,2.

Pour réduire au minimum l'augmentation de la turbidité due à la chaux, une solution saturée de lait de chaux sera employée plutôt que de la chaux en boue. L'injection de la solution de chaux en boue augmenterait la turbidité de 0,1 à 0,2 NTU.

## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

L'injection du dioxyde de carbone et de chaux aura comme conséquence une augmentation des SDT (solides dissous totaux) d'approximativement 50 mg/l. Cependant même après cette addition le taux de SDT de l'eau traitée sera de moins de 500 mg/l.

### **III-Description détaillée de chaque système :**

#### **III-a) Amenée d'eau de mer**

Le système proposé d'amenée d'eau de mer est une amenée ouverte, l'eau est acheminée dans l'amenée d'eau de mer par l'intermédiaire de trois (03) canalisations, qui s'étend jusqu'à approximativement 870 mètres au large de la côte afin de s'assurer que l'eau de mer est exempte de débris et est uniforme en termes de caractéristiques. Les canalisations achemineront l'eau dans trois canaux chacun équipé de tamis grossiers puis fins.

Les canaux sont conçus pour recevoir la pleine charge des besoins en eau de mer de l'usine. Les canaux fonctionneront à 50% de leur capacité pendant l'exploitation normale. Afin de pouvoir effectuer les activités de maintenance dans n'importe quels canaux, l'écoulement dans le canal peut être arrêté. Il y aura deux points d'arrêt d'eau par canal, en amont et en aval des tamis (c.-à-d. en amont du tamis grossier et en aval du tamis fin). Pour des situations d'urgence comme des déversements de pétrole en mer le flux d'eau de mer dans la station de pompage d'amenée d'eau de mer peut être arrêté par la mise en place de points d'arrêt d'eau de mer au niveau des tamis grossiers et fins.

Les tamis grossiers sont conçus pour que l'un des deux soit en service pendant que l'autre est en stand-by, mais pendant l'exploitation normale les deux tamis fonctionneront seulement à 50% de charge. Les mailles des tamis auront un espacement de 20 millimètres. Les tamis grossiers peuvent fonctionner en mode automatique basé sur la différence de pression en amont et en aval de ceux-ci.

Les deux tamis fins rotatifs sont basés sur les mêmes critères de conception que les tamis grossiers. La taille des mailles sera de 200 microns. La taille des mailles a été spécifiquement choisie afin d'approvisionner l'eau dans le système d'UF, car ce système ne peut pas tolérer de particules plus grosses que 200 microns. Un (1) tamis sera en service tandis que l'autre tamis sera en stand-by. Les tamis sont équipés de systèmes autonettoyants pour enlever les débris accumulés avec le temps. Les tamis peuvent être mis en mode automatique basé sur la différence de pression en amont et en aval de ceux-ci.



## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

Deux (2) pompes de pulvérisation sont prévues afin de nettoyer les tamis fins rotatifs. Le tuyau d'aspiration d'eau des pompes sera relié à la canalisation commune d'amenée d'eau de mer et ces pompes centrifuges horizontales amplifieront la pression reçue de l'eau aspirée pour satisfaire aux exigences du nettoyage des tamis fins. Le fonctionnement des pompes sera synchronisé avec celui des



Figure N°12: bassin de réservoir l'eau d' mer et le filtre rotative accoté des filtre TBS et les Cinq pompe

### III-b) Station de pompage d'eau de mer

Les pompes d'amenée d'eau de mer alimentent le système de prétraitement en eau de mer. Il y aura cinq (4 en services + 1 en stand-by) pompes centrifuges horizontales prévues. Chaque pompe déchargera l'eau dans une canalisation commune qui transportera l'eau aux trains d'UF. Des points de prélèvement (sur cette canalisation commune) sont prévus pour le prélèvement manuel ainsi que pour alimenter les analyseurs en temps réel.

### III-c-1) Système membranaire d'ultra-filtration (UF)

L'ultra-filtration est choisie comme prétraitement afin d'alimenter le système d'osmose inverse avec une eau de qualité désirée et constante.

Les modules d'UF *Kristal™* de flux de conception de 50 litres/m<sup>2</sup>/h et d'une superficie totale de 60 m<sup>2</sup>/module seront utilisés. Le système d'UF se compose de dix (10) bancs, chaque banc contenant dix (10) trains d'UF. Neuf (9) trains seront en services.

Chaque train est équipé de 160 modules d'UF. Une canalisation commune de filtrat d'UF est prévue pour transporter l'eau des bancs vers le réservoir d'eau filtrée.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

prévue pour transporter l'eau des bancs vers le réservoir d'eau filtrée.



Figure N°13 : étape de l'ultrafiltration

### III-c-2) Procédure d'UF - Filtration

Le système de membrane d'UF *Kristal™* opère de l'extérieur vers l'intérieur où le jet d'alimentation circule sur l'extérieur de la membrane et avec le filtrat traversant l'intérieur de la membrane. Le jet de recyclage s'écoule depuis la surface externe de la membrane et est concentré sur la longueur de la membrane.

Le jet de recyclage est retourné au réservoir d'alimentation ou est purger au loin pour réduire l'agglomération de solides dans les modules de membrane. Une telle opération d'alimentation et de purge permet à l'UF de fonctionner plus longtemps et donc de réduire le besoin en nettoyage à contre courant (backwash) améliorant de ce fait le rendement et la disponibilité du système.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

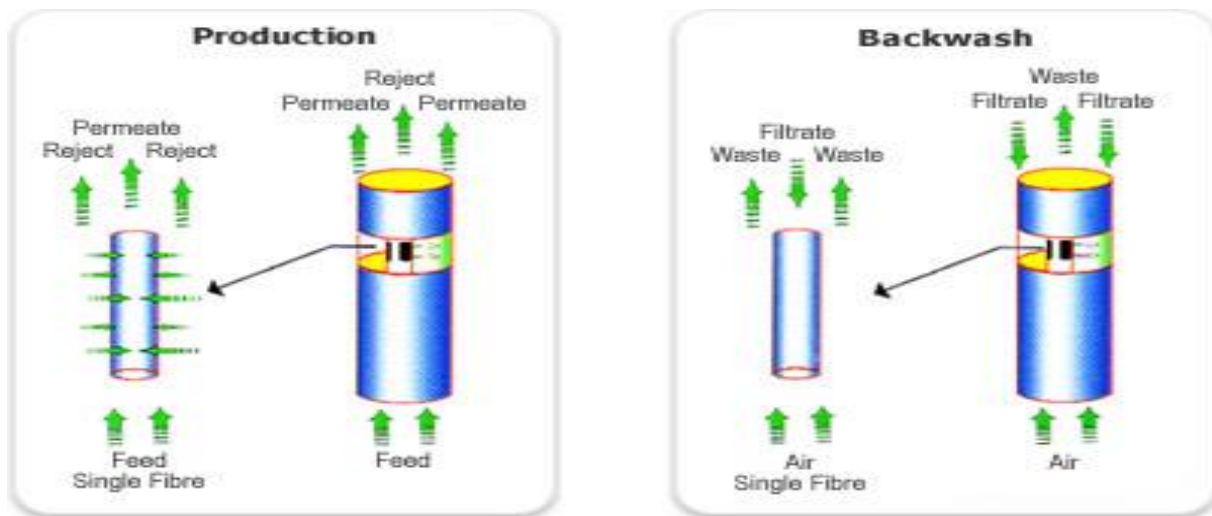


Figure N°14 : lavage des filtres a membrane

Le procédé de filtration ne peut pas être indéfiniment maintenu dû au fait que la force d'entraînement à travers la membrane doit être en augmentation constante pour garder un débit constant à travers les membranes; un système et des procédures de nettoyage à contre courant sont donc mise en œuvre.

Les pompes d'alimentation pomperont l'eau de mer vers les trains d'UF. Chaque train possédant une valve de commande de débit d'écoulement qui équilibrera le débit d'écoulement entre les trains en services et empêchera le train de fonctionner à un trop fort débit de perméat qui pourraient avoir comme conséquence un taux d'encrassement plus élevé, donc une augmentation de la fréquence de nettoyage à contre courant ainsi que du nettoyage chimique. La pression avant et après les membranes est contrôlée en permanence de sorte que la Pression Transmembranaire (PTM) puisse être mesurée et normalisée pour contrôler les performances.

En tant qu'élément de conception il y a possibilité de croisement de l'écoulement d'eau à travers les membranes d'un train afin d'être réutilisé à l'amenée d'eau de mer de sorte qu'il ne soit pas perdu du système. Cette recirculation peut être efficace car réduisant la fréquence du nettoyage à contre courant et chimique des membranes.

### III-c-3) Procédure d'UF – Nettoyage à contre courant (backwash)

Avec l'accumulation de solides lors de la filtration, la résistance à l'écoulement augmentera, ceci peut être surmonté en soumettant la membrane à une inversion d'écoulement avec le

## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

filtrat d'UF. De l'air de décapage est introduite à contre courant pour améliorer l'efficacité du nettoyage à contre courant.

Cette opération de nettoyage à contre courant est effectuée périodiquement et peut être prédéterminée par le débit total ou le nombre d'heure écoulée, typiquement cette opération aura lieu toutes les 30 à 45 minutes. Le système complet sera commandé pour que seulement 1 train par banc subisse le nettoyage à contre courant à n'importe quel moment. Le jet de nettoyage de contre courant est déchargé directement à la décharge.

L'eau filtrée du réservoir d'eau filtrée sera employée pour laver les trains d'UF. En outre de l'air sera employé pendant le lavage pour optimiser le nettoyage des modules de membrane.

### **III-c-4) Procédure d'UF – Nettoyage chimique**

Le nettoyage à contre courant peut enlever la plupart des solides du système, cependant il y a un besoin périodique de nettoyer plus efficacement la surface des membranes.

Ceci peut être entrepris de deux (2) manières différentes. La première est le nettoyage chimique de maintenance qui est un processus fréquent de nettoyage de courte durée, la seconde est un nettoyage chimique de rétablissement qui exige un arrêt de fonctionnement à plus long terme mais donne un nettoyage plus profond de la surface de membrane. Les deux types de nettoyage peuvent être entrepris pour cette usine.

Le nettoyage chimique de maintenance régulière des trains de membranes est inclus dans la conception. Ceux-ci se produisent à un intervalle de 1 à 7 jour(s) basés sur les caractéristiques d'encrassement de l'eau. La solution de nettoyage sera une solution alcaline de chlore ou une solution d'acide. Ces nettoyages sont de courte durée de l'ordre de 5 à 10 minutes de temps de contact avec le produit chimique et donc d'arrêt de fonctionnement relativement court au total.

Après quelques semaines de mise en service la pression transmembranaire (PTM) peut ne plus être commandée par le nettoyage à contre courant ainsi que le nettoyage chimique de maintenance. A ce stade, un nettoyage chimique de rétablissement de train d'UF sera fait en utilisant l'hypochlorite et l'acide de sodium. À la fin du nettoyage chimique de rétablissement le train peut être de nouveau mis en service ou en stand-by. Les solutions utilisées pour ce

## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

dernier type de nettoyage seront dirigées vers le réservoir de neutralisation pour leurs traitements avant leurs décharges.

### **III-d-1) Pompage**

Deux réservoirs de stockage et huit pompes de dosage (4 en services + 4 en stand-by).

### **III-d-2) Stockage et pompage de l'eau filtrée**

L'eau filtrée des trains d'ultrafiltration est stockée dans le réservoir d'eau filtrée à compartiment unique construit en béton et garnit d'un enduit d'époxy. Ce réservoir a un temps de rétention de 30 minutes basé sur le débit maximum de conception de l'usine et agit en tant que stockage intermédiaire pour l'eau d'alimentation de SWRO (Sea Water Reverse Osmosis) ainsi que d'être la source de l'eau du nettoyage à contre courant.

Douze (12) pompes d'eau de nettoyage à contre courant sont fournies, chacune des pompes est consacrée à 1 banc, la onzième et la douzième pompe étant en stand-by. Les pompes sont commandées par le variateur de vitesse afin de fournir le débit exigé pour le nettoyage à contre courant d'UF indépendamment de la PTM pendant le processus de nettoyage à contre courant.

Dix (10) pompes d'eau filtrée d'OI sont prévues. A débit maximum, huit (8) pompes seront en services et deux (2) seront en stand-by. Le nombre de pompes en services sera basé sur le nombre de trains de SWRO en services. Les pompes sont commandées par les variateurs de vitesse qui maintiendront la pression fixée dans l'ensemble de la canalisation commune d'eau alimentant les pompes d'alimentation d'OI. Cette pression d'ensemble augmentera avec le temps car les membranes vieillissent et auront donc besoin d'une pression d'alimentation plus élevée pour compenser le déclin du flux.

### **III-d-3) Pompage à haute pression**

Chaque train de SWRO est équipé de pompe d'alimentation, vingt-cinq (25) pompes sont prévues dans notre conception. Ces pompes sont de type centrifuge à plusieurs étages, fabriquée en acier inoxydable duplex, et fonctionnant à une vitesse fixe. Quand un train de SWRO est placé en service la pompe démarrera selon les exigences du début de procédure et

## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

pressuriser l'eau d'alimentation du train de SWRO. Lors de l'arrêt du train de SWRO la pompe s'arrêtera comme requis par la procédure d'arrêt.

### **III-e) Membranes d'osmose inverse**

Vingt-cinq (25) trains de SWRO sont prévus et vingt-quatre (24) seront normalement en services afin de fournir le débit de conception maximum de SWRO, tandis qu'un (1) train sera en stand-by ou en CIP.

Chaque train de SWRO se composera de 216 modules de pression de SWRO multiports disposés en parallèle et fonctionneront avec un taux de rendement de 45%. Chaque module de pression contiendra 7 éléments de SWRO.

La canalisation d'alimentation de chaque train d'OI dispose d'une valve de commande qui s'ouvrira progressivement pendant la procédure de démarrage afin d'augmenter lentement la pression dans le train de membranes. Cette procédure est très importante car une forte augmentation de pression pourrait endommager les membranes.

En plus d'avoir une pompe d'alimentation de SWRO consacrée, chaque train sera également équipé d'isobare et de pompe d'appoint consacrée au système de récupération d'énergie (ERS = Energy Recovery System).



## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa



Figure N°15: étape de l'osmose inverse

### III-f-1) Traitement chimique de l'eau dessalée

Les systèmes suivants sont employés dans le post-traitement chimique:

- Dosage du chlore utilisant l'hypochlorite de sodium
- Dosage du dioxyde de carbone
- Dosage de la chaux

### III-f-2) Post-chloration

Un réservoir d'hypochlorite de sodium est prévu dans cette offre. Quatre (4) pompes de dosage sont prévues pour la désinfection de post-traitement, deux (2) pompes étant en services tandis que les deux autres seront en stand-by. La vitesse du moteur de la pompe de service est commandée par un variateur de vitesse et sera directement proportionnelle au débit du perméat d'eau. Le taux de dose du chlore sera ajusté manuellement en changeant le dosage de la pompe. Cette condition sera peu fréquente ; par conséquent l'automatisation du dosage de la pompe n'est pas incluse.

## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

### **III-f-3) Reminéralisation (dosage du dioxyde de carbone et de la chaux)**

Quatre (4) cuves de stockage de dioxyde de carbone sont prévues pour le stockage sur site du dioxyde de carbone liquide. De ce réservoir le dioxyde de carbone liquide va être dirigé vers une des quatre unités de vaporisation atmosphérique, deux unités en services et les deux autres en stand-by. Le débit du dioxyde carbonique est mesuré et commandé par la valve de commande afin de maintenir la dose réglée en mg/l dans l'eau chlorée après le réservoir de chloration par contact. L'injection du gaz est créée au moyen d'un système éjecteur qui est actionné par l'eau de service.

Le système de chaux possède plusieurs types d'équipements pour stocker la poudre de chaux et créer une solution saturée de chaux pour doser l'eau chlorée afin d'ajuster le pH désiré de l'eau traitée.

La chaux sera stockée dans un silo. Ce silo est fabriqué en acier et est équipé d'un système de contrôle de poussière, d'un système de vibration de silo et de conduites de poudre. La poudre de chaux est dosée du silo dans le réservoir de boue en service, quatre (4) réservoirs sont inclus, deux en service et deux en stand-by. Le dosage se fait au moyen de la conduite de poudre commandé par un variateur de vitesse. Le débit de la chaux dans le réservoir de boue sera maintenu avec un rapport fixe par rapport au débit de l'eau de dilution entrant dans le saturateur de chaux.

La poudre de chaux tombe dans le réservoir de dilution en continu où elle se mélange avec de le perméat d'eau mélangée d'OI. La boue est gardée en suspension par un agitateur en fonctionnement continu.

La boue de chaux sera transférée au saturateur de chaux à un débit fixé par une des quatre (4) pompes de transfert, deux autres (2) pompes étant en stand-by. Le pourcentage de boue changera selon le débit d'alimentation en poudre.

La boue est injectée dans une canalisation qui alimentera équitablement en lait de chaux les deux saturateurs de chaux pour se mélanger avec l'eau de dilution pour former une solution nominale de 0,14% (généralement désignée sous le nom de lait de chaux). La solution de lait de chaux formée dans le saturateur débordera dans le déversoir situé au-dessus du saturateur et par gravité s'écoulera vers le réservoir de stockage de lait de chaux. L'écoulement du lait de



## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

chaux est ascendant dans le saturateur. Les impuretés présentes dans la poudre de chaux tomberont en raison de la pesanteur et formeront de la vase au fond du saturateur.

Quatre (4) pompes de vase de chaux sont prévues pour enlever la vase du saturateur qui sera ensuite dirigée vers le réservoir de neutralisation. La vase sera injectée de nouveau dans le saturateur sur une base périodique de sorte que la chaux n'ayant pas encore réagi puisse se dissoudre. Après le transfert de la vase, la chaux sera rincée avec l'eau de service pour réduire au minimum les obstructions dans le système.

Un réservoir de lait de chaux d'une capacité nominale de 15 minutes est prévu comme intermédiaire entre le saturateur et le point de dosage. Deux pompes de lait de chaux sont prévues, celles-ci sont de construction centrifuge horizontale, une étant en service et la deuxième pompe en stand-by. Une valve de commande de décharge de la pompe réglera l'écoulement de chaux selon le pH de l'eau entrant dans le réservoir d'eau traité.

### **III-g) Rejet de saumure (Décharge)**

La décharge fonctionnera par gravité, donc sans station de pompage. La saumure de SWRO sera dirigée dans la décharge et fournira un débit constant à la mer. L'eau de nettoyage à contre courant provenant de l'UF est elle aussi dirigée vers la décharge. Comme le volume d'eau de nettoyage à contre courant par train est relativement faible et se produit fréquemment, alors aucun réservoir d'eau usagée n'est nécessaire, l'eau de nettoyage à contre courant allant directement au puisard de décharge.

L'eau du réservoir de neutralisation est également dirigée vers la décharge. Ces eaux résiduelles seront d'abord neutralisées avant d'être pompées vers la décharge.

### **III-h) Station d'air comprimé**

Un système commun d'air comprimé est prévu pour le site entier. Six (6) compresseurs seront prévus, quatre (4) en services et deux (2) en stand-by lors de l'exploitation normale. Les compresseurs auront leur propre système de commande.

L'air comprimé sera stocké dans six (6) conteneurs, un conteneur sera consacré aux instruments et l'autre conteneur au processus. L'air pour le processus sera employé pendant le nettoyage à contre courant d'UF et n'a donc pas besoin d'être à sec. Ce jet sera filtré pour enlever l'huile et les particules. L'air pour les instruments subira d'autres processus, après

## **Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa**

filtration, pour réduire l'humidité contenue. Un système de dessiccation d'air sera employé pour obtenir un point de condensation bas.

### **III-i) Stockage d'eau traitée**

L'eau traitée après sa stabilisation sera stockée dans les quatre réservoirs de stockage d'eau traitée.

La ligne 1 aura 2 pompes en services + 1 en stand-by. Les pompes utilisées seront un mélange de pompes à vitesse fixe et variable.

La ligne 2 aura 4 pompes en services + 1 en stand-by. Les pompes utilisées seront un mélange de pompes à vitesse fixe et variable.

La ligne 3 aura 6 pompes en services + 1 en stand-by. Les pompes utilisées seront un mélange de pompes à vitesse fixe et variable.

Les pompes de la ligne dédiée seront alimentées par les pompes basses pression (3 en services + 1 en stand-by), de taille suffisante pour fournir un « Net Positive Suction Head (NPSH)» (Pression d'aspiration manométrique nette positive), disponible pour la ligne dédiée. Ces pompes basses pression seront à vitesse fixe.

### **IV)-Matériels et méthodes :**

Dans le laboratoire de station EL MAGTAA les analyses suivantes sont réalisées :

- pH et température
- Turbidité
- Conductivité électrique
- TDS (total solides dissous)
- TH dureté totale des ions ( $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ )
- TA alcalinité totale
- Chlore résiduel
- Indice de saturation de langelier
- Bore

### **Prélèvement d'échantillon :**

On prélève l'échantillon dans différents points dans la station

- dans le bassin d'intakesw c'est l'eau de mer
- dans l'UF c'est l'eau filtré
- dans l'RO c'est dans l'osmose inverse

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

-dans la ligne de sortie c'est l'eau traité



Figure N°16 :poste de prélèvement eau de mer Figure N°17 :poste de prélèvement RO



Figure N°18 : poste de prélèvement de l'eau traitée

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Mesure du pH

#### a- but:

L'analyse permet de déterminer la nature de l'eau (acide, base ou neutre)

#### b-mode d'opérateur :

après étalonnage de l'appareille avec les solutions tampon (pH=4 ,pH=7,pH=10)

le pH est déterminé à l'aide d'un pH-mètre, constitué d'une électrode et de l'appareil .le principe est basé sur la mesure des ions hydronium  $H_3O^+$  .

- Allumer le pH mètre.
- Agiter l'échantillon doucement et verser 100 mL de l'eau à analysée dans un bécher propre.
- Rincer la sonde avec de l'eau ultra pure.
- Immerger la sonde dans l'échantillon et essayer d'éliminer les bulles d'air au cours de la Stabilisation de la mesure avec une simple agitation de la sonde.
- Enregistrer la valeur du pH et la température qui sont affichées sur l'appareil après la Stabilisation de la lecture.
- Rincer la sonde.
- Arrêter l'appareil.



Figure N°19 : pH-mètre



Figure N°20 : manipulation pH-mètre

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Turbidité :

#### a- but :

Une mesure pour déterminer la turbidité d'une eau afin de savoir si elle contient les matières responsables de son trouble.

#### b-mode d'opérateur :

Après que l'appareil soit calibré avec les solutions de calibrage (0,1NTU-20NTU-200NTU-800NTU) , on prend un certain volume de l'échantillon à analyser (notre eau), dans un flacon spécial de l'appareil, on le place dans ce dernier, ensuite on clique sur READ AVREG, et on fait notre lecture de la turbidité sur l'écran de l'appareil



Figure N°21 : turbidimètre

Figure N°22et N°23 : manipulation turbidimètre

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Conductimètre :

#### a-but :

La mesure du conductivité d'un échantillon est de connaître sa minéralisation (taux de sels minéraux)..

#### b-mode opératoire :

après que l'appareil soit calibré avec les solutions d'étalonnage (1000 $\mu$ s/cm-1413 $\mu$ s/cm),

- Allumer le conductimètre.
- Agiter l'échantillon doucement et verser 100 mL de l'eau à analysée dans un bécher propre.
- Rincer la sonde avec de l'eau ultra pure puis avec de l'eau à analysée.
- Immerger la sonde dans l'échantillon et essayer d'éliminer les bulles d'air au cours de la Stabilisation de la mesure avec une simple agitation de la sonde.
- Enregistrer la valeur de la conductivité électrique et la température qui sont affichées Sur l'appareil après la stabilisation de la lecture.
- Rincer la sonde.
- Arrêter l'appareil.



Figure N°24 : conductimètre



Figure N°25 : manipulation conductimètre

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Chlorométrie :

#### a- but :

Permet de déterminer la concentration du chlore libre dans l'échantillon à analyser.

#### b-mode opératoire :

- Il est recommandé de doser le chlore libre immédiatement après le prélèvement de l'échantillon.
- Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 10 ml de l'eau à analyser (le blanc).
- Placer le blanc dans le colorimètre et appuyer sur le zéro.
- mélanger le réactif (un seul sachet du DPD) avec le blanc et agiter jusqu'à la dissolution Complète du réactif dans le blanc.
- Placer le blanc contenant le réactif dans le colorimètre et appuyer sur READ.
- La concentration du chlore libre est affichée en mg/L sur l'écran de l'appareil.
- Rincer la cuvette.



Figure N°26 : chlorométrie



## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa



Figure N°27,28 ,29 : manipulation chlorométrie

### Chromatographe ionique

#### a-But :

Est de connaître la concentration des anions et des cations présents, les éléments toxiques et les métaux lourds dans un échantillon. Il est possible de déterminer les concentrations de chaque composé à l'aide de la colonne spéciale du chromatographe.

La chromatographie ionique ou chromatographie des ions en phase liquide est un procédé à la chromatographie liquide haute performance mais elle possède des particularités notables principalement au niveau de la séparation et des modes de détection. La chromatographie est un procédé physicochimique qui permet la séparation des constituants d'un mélange. Le principe de séparation repose sur la distribution des solutés entre 2 phases non miscibles : une phase stationnaire contenue dans une colonne sous forme d'un solide finement divisé et une phase mobile qui traverse cette colonne et entraîne l'échantillon contenant le mélange à analyser. La phase mobile (ou éluant) tend à entraîner les espèces à séparer alors que la phase stationnaire tend à les ralentir par la mise en jeu d'interactions diverses. Les solutés sont injectés à une extrémité de la colonne et détectés en sortie de colonne par un détecteur approprié. Ils sont identifiés par le temps mis pour parcourir la longueur de la colonne (temps de rétention).

Dans le cas de la chromatographie ionique (CI), le procédé physicochimique utilisé pour la séparation des ions est l'échange d'ions. Le mécanisme de cette séparation par échange d'ions repose sur une compétition entre des ions de même charge présents respectivement dans l'échantillon et dans la phase mobile vis-à-vis du groupement fonctionnel de la phase stationnaire de charge opposée.



## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

La phase stationnaire comporte en surface des sites ion ionsables (échangeables, de type échangeurs d'ions) et la phase mobile est une solution aqueuse de sels contenant l'ion appelé « ion développeur », qui entre en compétition avec les ions de même charge de l'échantillon pour l'échange ionique sur les sites échangeables de la phase stationnaire. Ces échanges



Figure N°30,31 : chromatographe IC

### b-mode opératoire :

Après que l'appareil soit calibré par les solutions de calibrage (S1, S2, S3, S4 et S5) .

**To Prepare Cation Standards:**

| Standard No. | Concentration (ppm) |           |         |           |
|--------------|---------------------|-----------|---------|-----------|
|              | Sodium              | Potassium | Calcium | Magnesium |
| 1            | 1.0                 | 1.0       | 1.0     | 1.0       |
| 2            | 5.0                 | 2.5       | 2.5     | 2.5       |
| 3            | 10.0                | 5.0       | 5.0     | 5.0       |
| 4            | 15.0                | 7.5       | 7.5     | 7.5       |
| 5            | 20.0                | 10.0      | 10.0    | 10.0      |

| Standard No. | Volume (µL) in 100 mL Solution |           |         |           |
|--------------|--------------------------------|-----------|---------|-----------|
|              | Sodium                         | Potassium | Calcium | Magnesium |
| 1            | 100                            | 100       | 100     | 100       |
| 2            | 500                            | 250       | 250     | 250       |
| 3            | 1000                           | 500       | 500     | 500       |
| 4            | 1500                           | 750       | 750     | 750       |
| 5            | 2000                           | 1000      | 1000    | 1000      |

**To Prepare Cation Eluent:**

Weigh 0.234 g of Dipicolinic Acid and 220 µL of 69% HNO<sub>3</sub> into 2 L of UPW

Tableau 2 : les dose de préparation solution de calibrage

On injecte l'échantillon dans l'appareil et on attend suivant le temps pour le cation qui on veut analyser, c'est le temps de la lecture de la courbe correspondante à ce dernier. Par exemple pour les cations Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup> , Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup> on attend 20min et la lecture se fait à l'aide du logiciel adéquat pour cette analyse et selon les courbes correspondantes. En fin Injecter de l'eau ultra pure pour nettoyer l'appareil.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa



Figure N°32,33 : manipulation chromatographe IC

La courbe des cations :

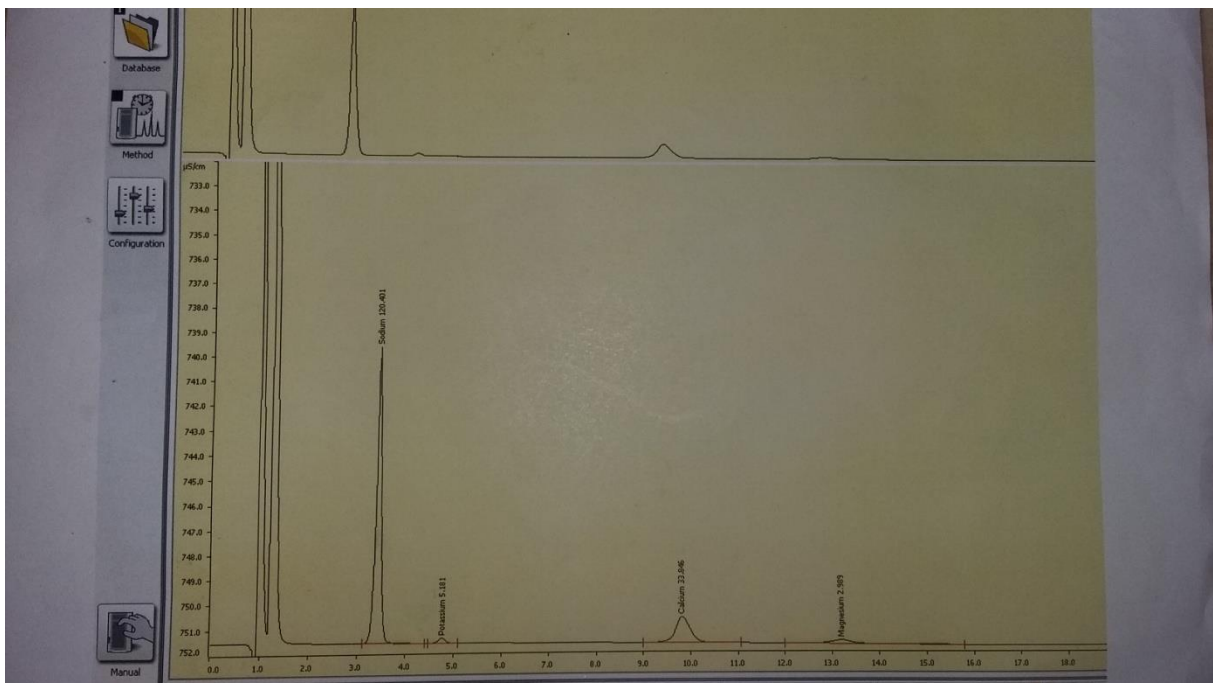


Figure N°34 : les courbes des cations

Analyse du Bore

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

On fait l'analyse du bore a l'aide de chromatographe des métaux lourde

Après que l'appelle sois étalonné avec les solution Standards de déferont concentration du bore et Vérifier la fiabilité d'étalonnage avec le dosage des concentrations de l'un des étalons Préparés.

Dosage du bore :

- Injecter avec une seringue de 1 à 2 ml de l'eau traitée à analyser dans l'appareil.
- La concentration est obtenue en Mg/L à l'aide d'un chromatogramme sous forme de pic de conductivité électrique.
- Injecter de l'eau ultra pure pour nettoyer l'appareil.

**Analyse de TAC :**

a-But :

La mesure des ions carbonates, hydroxydes et hydrocarbonates par analyse de neutralisation acido-basique.

b-Mode opératoire :

On prélève 100ml d'échantillon dans un bécher puis on place la sonde du pH-mètre dans ce bécher et on dose avec l'acide chlorhydrique 0,02N ,on arrête le dosage quand le Ph est égale a 4,5, on note le volume du HCl lu sur la pipette de titrage ensuite, on calcule le TAC par la loi suivant :

$$TAC = \frac{CHCl \times VHC \times 50000}{Vech}$$

- Concentration du HCl = 0.02 M.
- V1= volume de HCl titré en mL.
- V2= 100 mL (volume d'échantillon).

**Analyse de TDS :**

a-But :

Est la mesure de la concentration des sels totaux dissous dans un échantillon d'eau à analyser.

b-Mode opératoire :

- Chauffer l'étuve à 180 °C.
- Homogénéiser l'échantillon avec un agitateur magnétique
- Mettre un filtre dans l'entonnoir de Buchner et l'humidifier avec un peu d'eau ultra Pure.
- Filtrer un volume d'échantillon déterminé V.
- Peser et noter le poids d'une capsule d'évaporation vide W<sub>2</sub>.
- Verser l'échantillon filtré dans la capsule d'évaporation.
- Mettre la capsule et le filtrat dans l'étuve pendant deux heures.
- Après deux heures, faire sortir la capsule et la laisser refroidir dans le dessiccateur.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

- Peser la capsule et noter le poids  $W_1$ .
- Calculer le TDS selon la formule suivante :

$$\text{TDS mg/L} = [(W_1 - W_2) / V] * 10^6$$

### Indice de Langelier de saturation (LSI)

L'indice de saturation est défini comme suit :

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pH}_s$$

Pour déterminer le  $\text{pH}_s$ , il faut d'abord mesurer les paramètres suivants :

- Mesurer l'alcalinité totale.
- Mesurer la conductivité électrique.
- Déterminer la concentration en calcium.
- Mesurer le pH et la température lors du prélèvement de l'échantillon.

Après avoir mesuré les paramètres ci-dessus, il suffit juste d'utiliser l'équation suivante pour calculer le  $\text{pH}_s$  et l'indice de saturation ou alors utiliser le diagramme de Hoover-Langelier..

$$\text{pH}_s = -5\text{Log}(f_1) + \text{Log}(K_c/K_2) - \text{Log}\{K_s \text{ (in mol/L)}\} - \text{Log}(\text{Ca}^{2+} \text{ in mol/L})$$

$$= L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$

$$L_1 = -5 \text{Log}(f_1)$$

$$\text{Log}(f_1) = 0.5 \left[ \frac{\text{Conductivity in mS/m}}{6200} \right]^{0.5} / 1 + \{1.4 \times [\text{Conductivity (in mS/m)} / 6200]^{0.5}\}$$

$$L_2 = \text{Log}(K_c) - \text{Log}(K_2) = \text{Log}(K_c) = (-8.481) - 522.3 \times \{1/298.15 - 1/ \text{online temp. } 273.15\} - 14.1 \times \{ \ln \frac{\text{online temp. } 273.15}{298.15} \} / (298.15)$$

$$\text{Log}(K_2) = (-10.329) + 780.9 \times \{1/298.15 - 1/(\text{online temp. } 273.15)\}$$

$$- 15.1 \times \{ \ln \frac{\text{online temp. } 273.15}{298.15} \}$$

$$L_3 = -\text{Log}(K_s \text{ in mol/L})$$

$$L_4 = -\text{Log}(\text{Ca}^{2+} \text{ in mol/L})$$

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultats et discussions :

#### pH :

Le tableau 3 :PH

| Date       | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|------------|---------|----------|----------|---------|
| pH         | 8,14    | 8,08     | 8,2      | 8,15    |
| Norme max  | 8,2     | 8,2      | 8,2      | 8,2     |
| Norme mini | 7,8     | 7,8      | 7,8      | 7,8     |

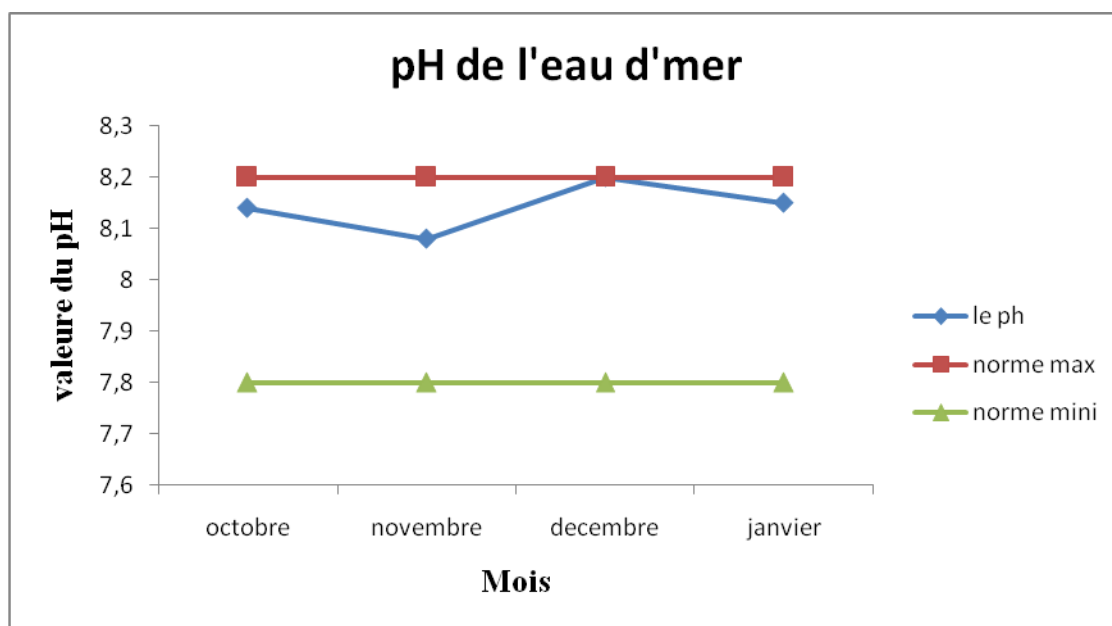


Figure N°35 : graph pH eau d' mer

Comme on peut le constater sur le graphe, nos résultats d'analyses montrent que les valeurs du ph de l'eau d' mer varie entre 8,08 et 8,2 c'est qui fait que le ph et dans les normes de OMS ( $7,8 \leq \text{pH} \leq 8,2$ ). pour le mois de décembre on voit que la valeur concorde avec la norme maximale.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### PH de l'eau traitée :

le tableau 4 : PH de l'eau traitée

| Mois      | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|-----------|---------|----------|----------|---------|
| pH        | 8,2     | 8,24     | 8,26     | 8,15    |
| Norme max | 8,5     | 8,5      | 8,5      | 8,5     |
| Norme min | 7       | 7        | 7        | 7       |

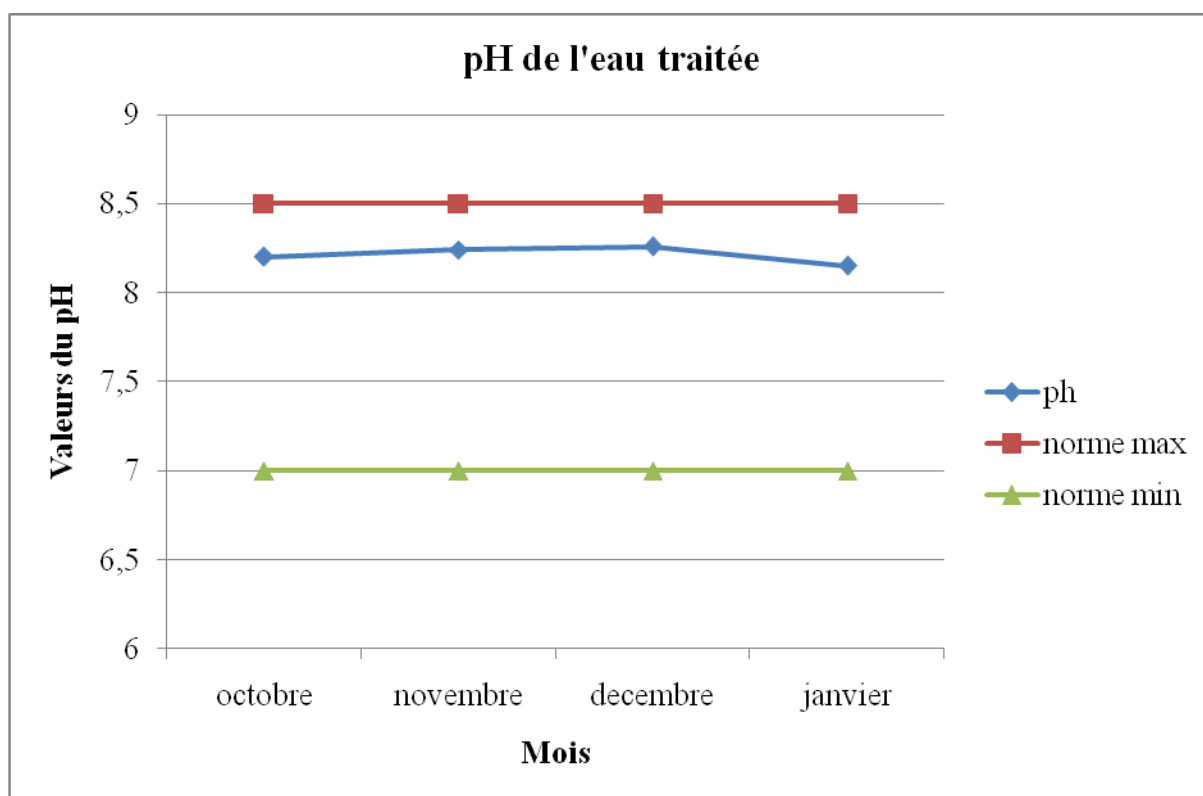


Figure N°36 : graph eau traitée pH

En ce qui concerne l'eau traitée, on peut voir que les valeurs sur le graphe nous montre les moyennes du ph pour l'eau traitée, varient entre 8,2 et 8,26 et se situent aux normes du contrat de la station D'EL MAGTAA.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat d'analyse de la température :

#### Température d'eau de mer

Le tableau 5 Température d'eau d' mer

| Mois        | Octobre | Novembre | Décembre | janvier |
|-------------|---------|----------|----------|---------|
| Température | 23,15   | 20,975   | 17,02    | 16,95   |
| Norme max   | 25      | 25       | 25       | 25      |
| Norme mini  | 18      | 18       | 18       | 18      |

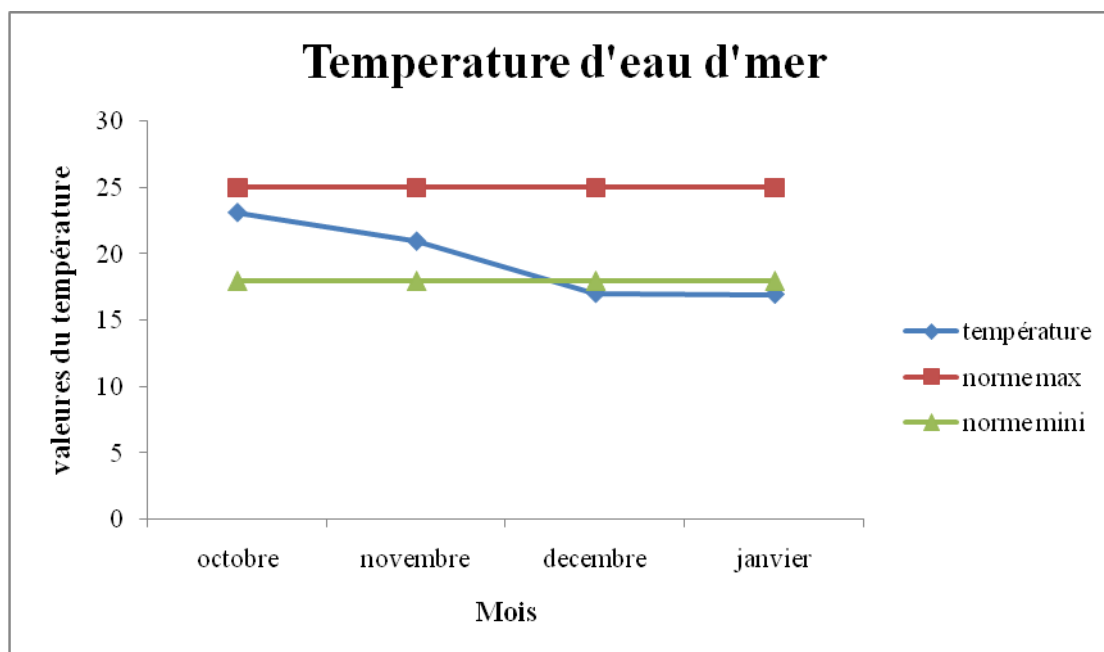


Figure N°37 : graphe température eau de mer

Selon nos analyses on peut voir une diminution de la température pour les mois de décembre et janvier, les valeurs sont en dessous des normes de L'OMS. Les valeurs de l'eau d' mer varient entre 16,95 et 23,15 °C de ces mois, ce qui est tout a fait normal, car c'est la saison hivernale

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

Température de l'eau traitée :

Tableau 6 :Température de l'eau traitée

| Mois        | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|-------------|---------|----------|----------|---------|
| Température | 24,02   | 21,5     | 18       | 16,6    |
| Norme max   | 25      | 25       | 25       | 25      |
| Norme mini  | 20      | 20       | 20       | 20      |

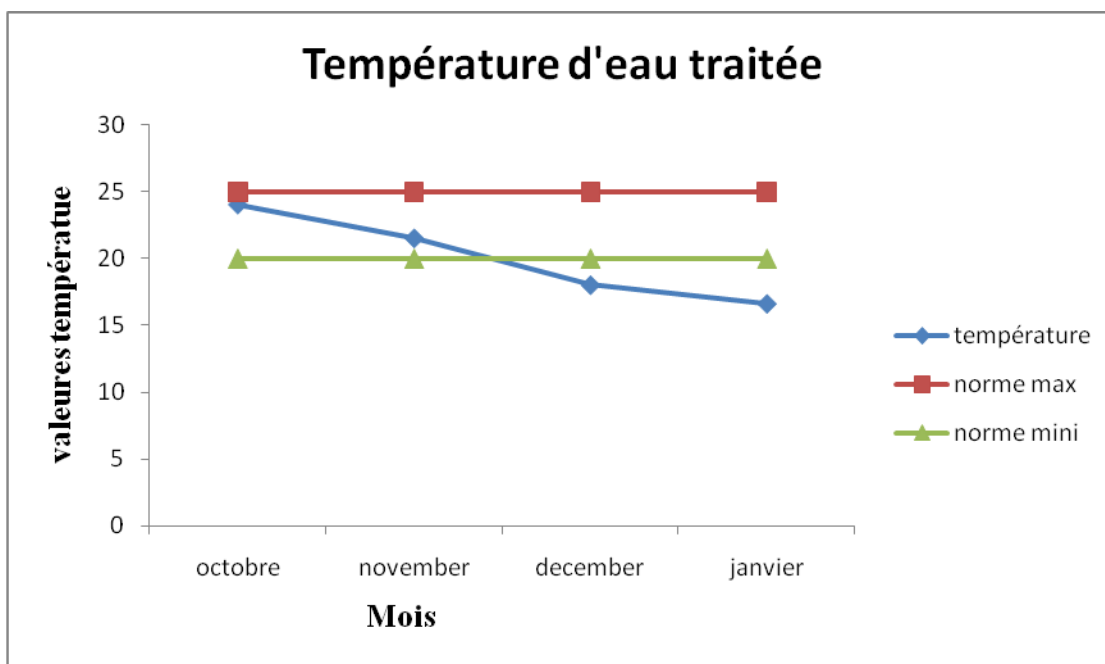


Figure N°38 : graphe température eau traitée

Le graphe montre la variation de la température et on constate le même phénomène du changement de la température pour les mois de décembre et janvier (on dessous de la norme de L'OMS).



## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat de conductivité électrique :

#### Conductivité de l'eau de mer :

le tableau 7 : Conductivité de l'eau de mer

| Mois                | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|---------------------|---------|----------|----------|---------|
| Conductivité(ms/cm) | 56,52   | 55,67    | 56,02    | 57,01   |
| Norme max           | 47      | 47       | 47       | 47      |

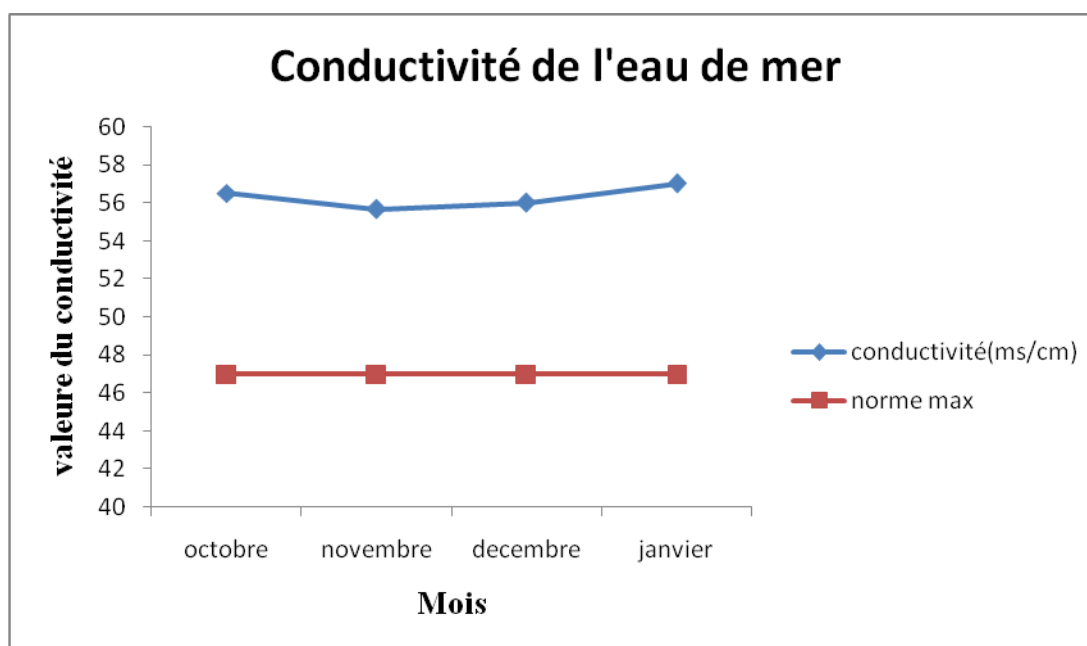


Figure N°39 : graph conductivité de l'eau de mer

On voit que les valeurs de la conductivité sont augmentées par rapport à la norme 47 ms/cm car les valeurs varient entre 55,67 et 57,01 ms/cm on constate que l'eau de mer ou niveau de la station EL MAGTAA présente une conductivité élevée.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Conductivité de l'eau traitée :

Tableau 8 : Conductivité de l'eau traitée :

| Mois  | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|---|---------|----------|----------|---------|
| Conductivité électrique ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) | 852     | 741,25   | 716,75   | 771,25  |
| Norme max   | 2000    | 2000     | 2000     | 2000    |
| Norme min   | 351     | 351      | 351      | 351     |

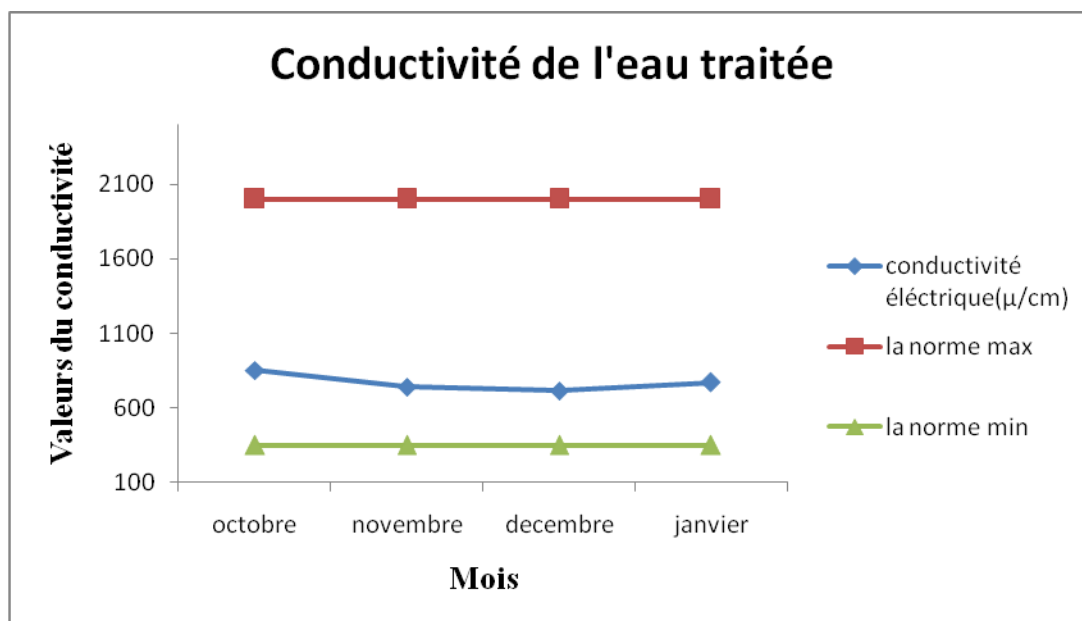


Figure N°40 : graph conductivité de l'eau traitée

On peut voir la diminution de la conductivité de l'eau après le traitement les valeurs de conductivité de l'eau traité sont inférieures par rapport à les valeurs de conductivité de l'eau d' mer ce qui confirme l'efficacité de traitement de l'eau par le dessalement. On a les valeurs varient entre 716,75 et 852  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et elles sont dans les normes.

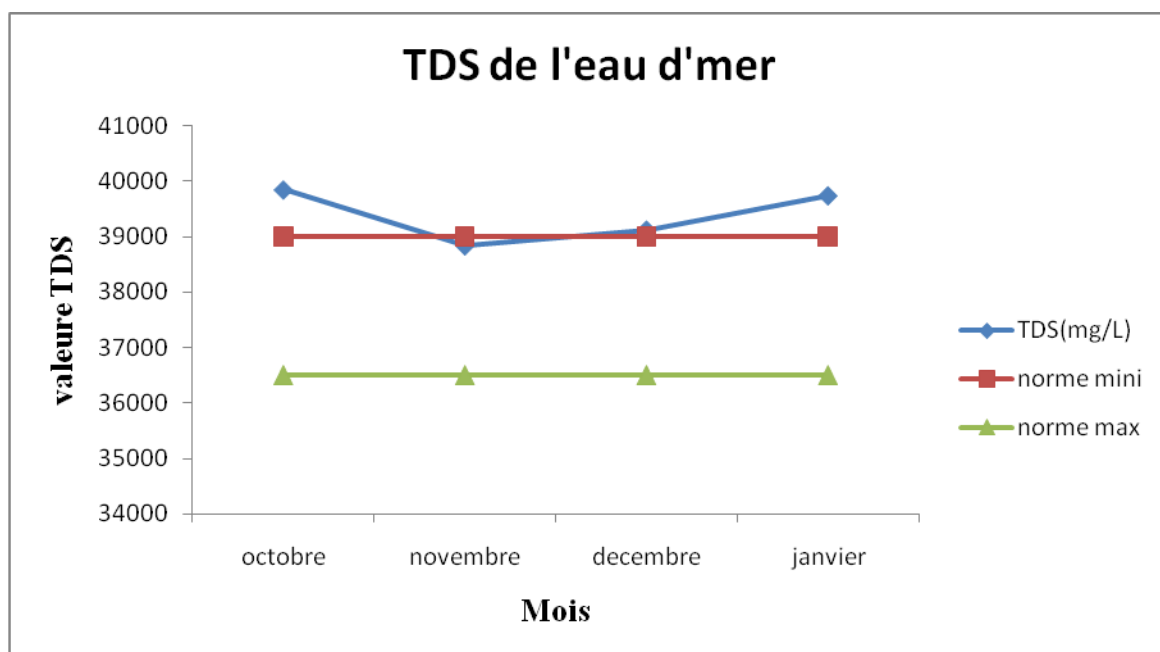
## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat de TDS :

#### TDS de l'eau de mer :

Tableau 9 : TDS de l'eau de mer

| Mois       | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|------------|---------|----------|----------|---------|
| TDS(mg/L)  | 39848,8 | 38835    | 39121    | 39744   |
| Norme mini | 39 000  | 39 000   | 39 000   | 39 000  |
| Norme max  | 36 500  | 36 500   | 36 500   | 36 500  |



Fig

ure N°41 : graph TDS de l'eau d'mer

Comme on peut le voir sur le graphe les valeurs de TDS varient entre 38835 et 39848,8 et on constate que les valeurs dans les mois octobre et janvier sont élevées par rapport à la norme et on remarque un frottement avec la norme maximal dans le mois décembre.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### TDS de l'eau traitée :

Tableau 10 : TDS de l'eau traitée

| Mois       | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|------------|---------|----------|----------|---------|
| TDS (mg/l) | 432,25  | 399,75   | 365,25   | 401,25  |
| Norme max  | 500     | 500      | 500      | 500     |
| Norme mini | 150     | 150      | 150      | 150     |

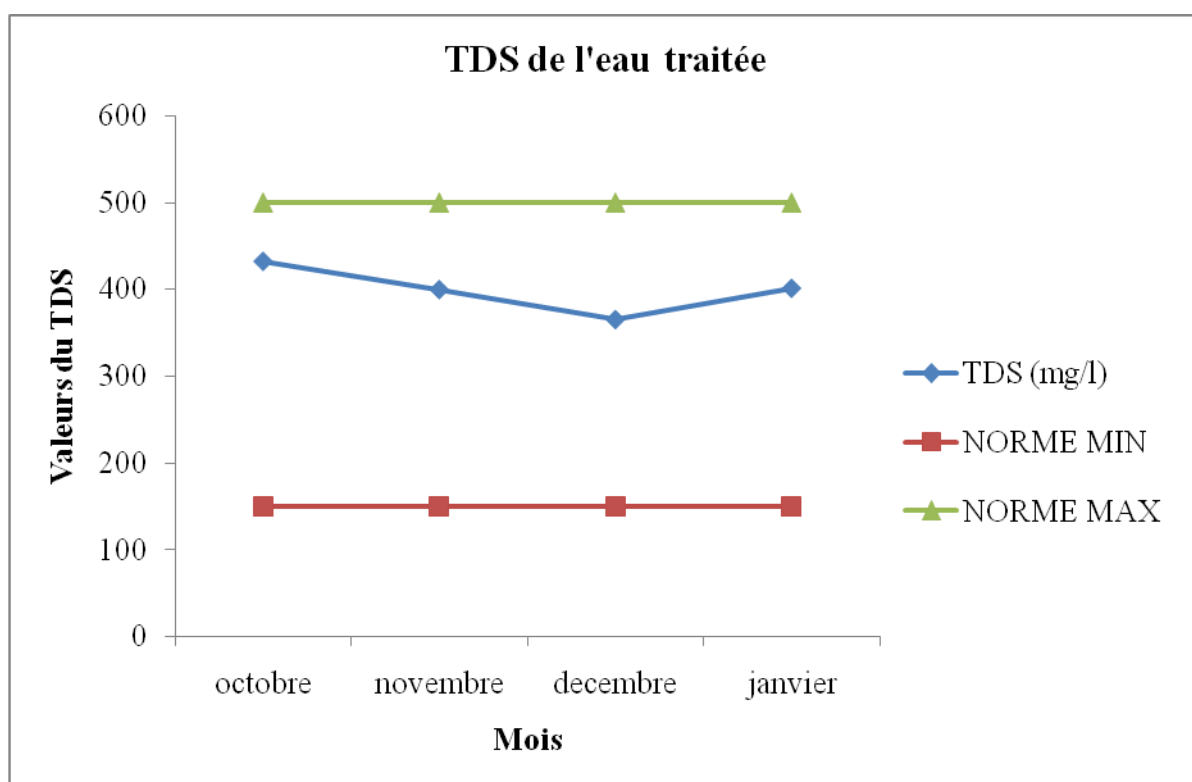


Figure N°42 : graph TDS de l'eau traitée

En ce qui concerne l'eau traitée les valeurs de TDS sont diminuées comme elles sont montrées sur le graphique les valeurs varient entre 365,25 et 432,25 on remarque qu'elles sont dans les normes du contrat ( $150 \leq TDS \leq 500$ ) et on peut voir une diminution dans le mois de décembre par rapport à octobre et novembre.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat de TH :

L'eau traitée :

Tableau 11 : TH eau traitée

| Mois      | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|-----------|---------|----------|----------|---------|
| TH (mg/l) | 88,3    | 96,89    | 92,58    | 98,22   |
| Norme mix | 150     | 150      | 150      | 150     |
| Norme min | 80      | 80       | 80       | 80      |

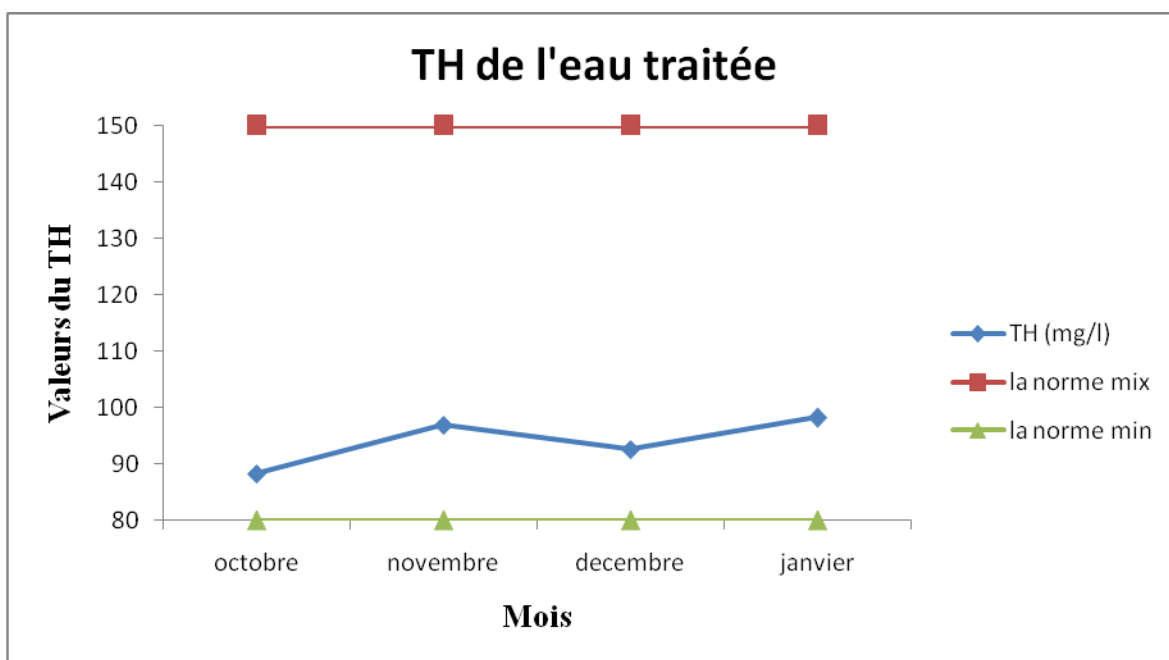


Figure N°43 : graph TH de l'eau traitée

Comme il nous indique le graphe les valeurs de TH sont variées entre 88,3 et 98,22. Elles sont toutes dans les normes du contrat ( $80 \leq TH \leq 150$ ) on remarque que les valeurs sont diminuées dans les mois octobre et décembre par rapport au mois novembre et janvier.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat d'alcalinité totale :

#### TAC Eau traitée :

Tableau 12 : TAC Eau traitée

| Mois          | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|---------------|---------|----------|----------|---------|
| TAC (mg/l)    | 69,77   | 68,98    | 66,07    | 67,83   |
| Norme minimal | 60      | 60       | 60       | 60      |

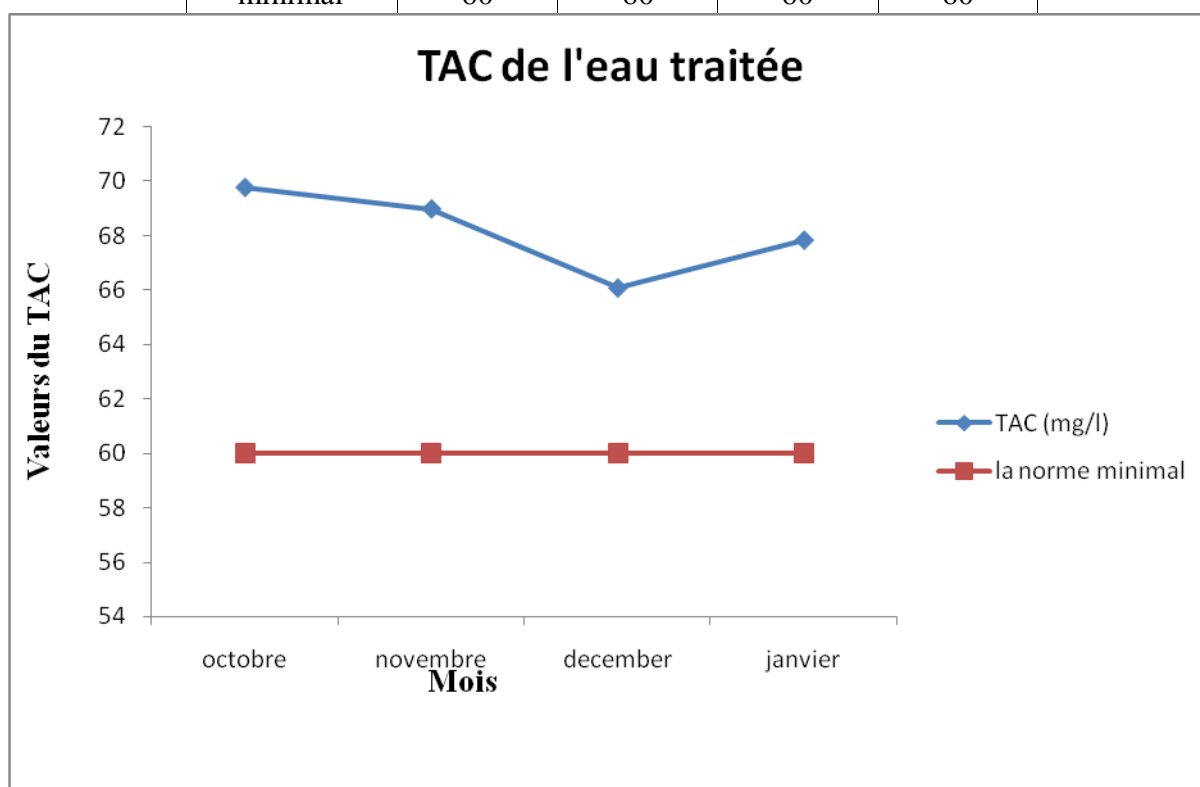


Figure N°44 : graph TAC de l'eau traitée

Le graphe nous montre les valeurs de TAC et comme on peut le voir que les valeurs de TAC sont variées entre 66,07 et 69,77 et les normes indiquent que le TAC doit être supérieure à 60. On constate que les valeurs sont dans les normes du contrat et on remarque que la valeur dans le mois de décembre était diminuée par rapport aux autres mois.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat d'indice de saturation :

Tableau 13 : Indice de saturation

| Mois      | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|-----------|---------|----------|----------|---------|
| LSI       | 0,23    | 0,185    | 0,145    | 0,06    |
| Norme max | 0,4     | 0,4      | 0,4      | 0,4     |
| Norme min | 0       | 0        | 0        | 0       |

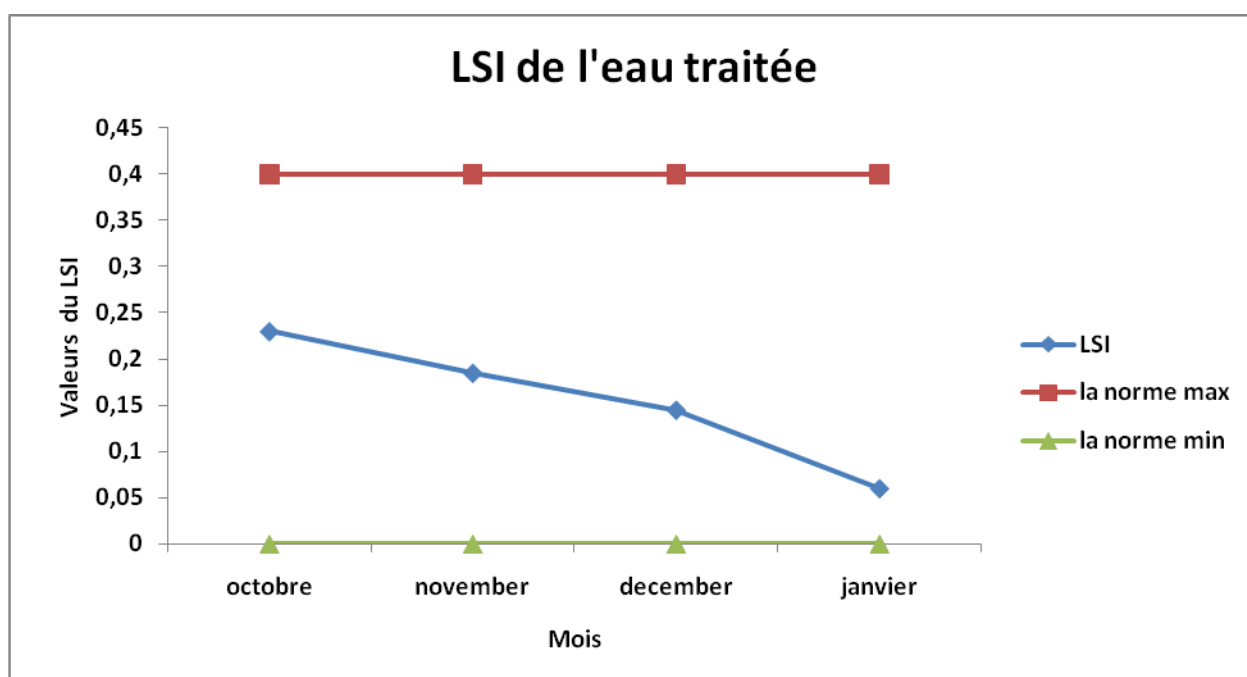


Figure N°45 : graph LSI de l'eau traitée

Le graphe nous montre que les valeurs d'indice de saturation ou niveau de l'eau traitée qui varient entre 0,06 et 0,23 ce qui prouve que les valeurs sont dans les normes du contrat ( $0 \leq \text{LSI} \leq 0,4$ ) et on remarque dans le mois octobre et novembre les valeurs étaient élevées par rapport au mois décembre et janvier.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat de chlore résiduel :

#### Chlore résiduel de l'eau d'mer :

Le tableau 14 : montre les valeurs CL2 de l'eau d' mer

| Date  | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|-------|---------|----------|----------|---------|
| CL2   | 0,01    | 0,012    | 0,01     | 0,015   |
| Norme | 0,6     | 0,6      | 0,6      | 0,6     |

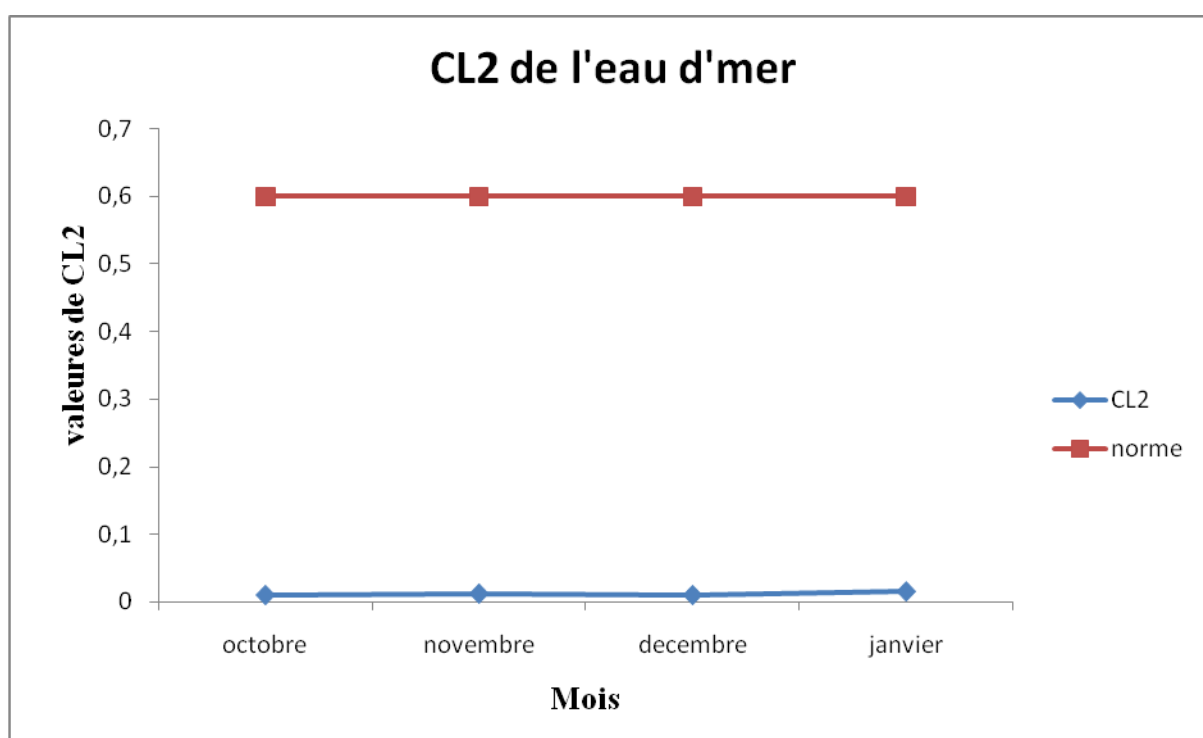


Figure N°46 : graph CL2 de l'eau d' mer

Le graphe nous montre les valeurs du CL2 dans l'eau d' mer comme on le voit les valeurs varient entre 0,01 et 0,015 et qui prouve que les valeurs sont dans la norme qui ne doit pas dépasser 0,6 et on remarque que les valeurs étaient rapprochées durant tout les mois.



## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Chlore résiduel de l'eau traitée :

Le tableau 15 : montre les valeurs CL2 de l'eau traitée

| Mois       | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|------------|---------|----------|----------|---------|
| Cl2        | 1,25    | 1,33     | 1,32     | 1,1     |
| Norme max  | 1       | 1        | 1        | 1       |
| Norme mini | 0,4     | 0,4      | 0,4      | 0,4     |

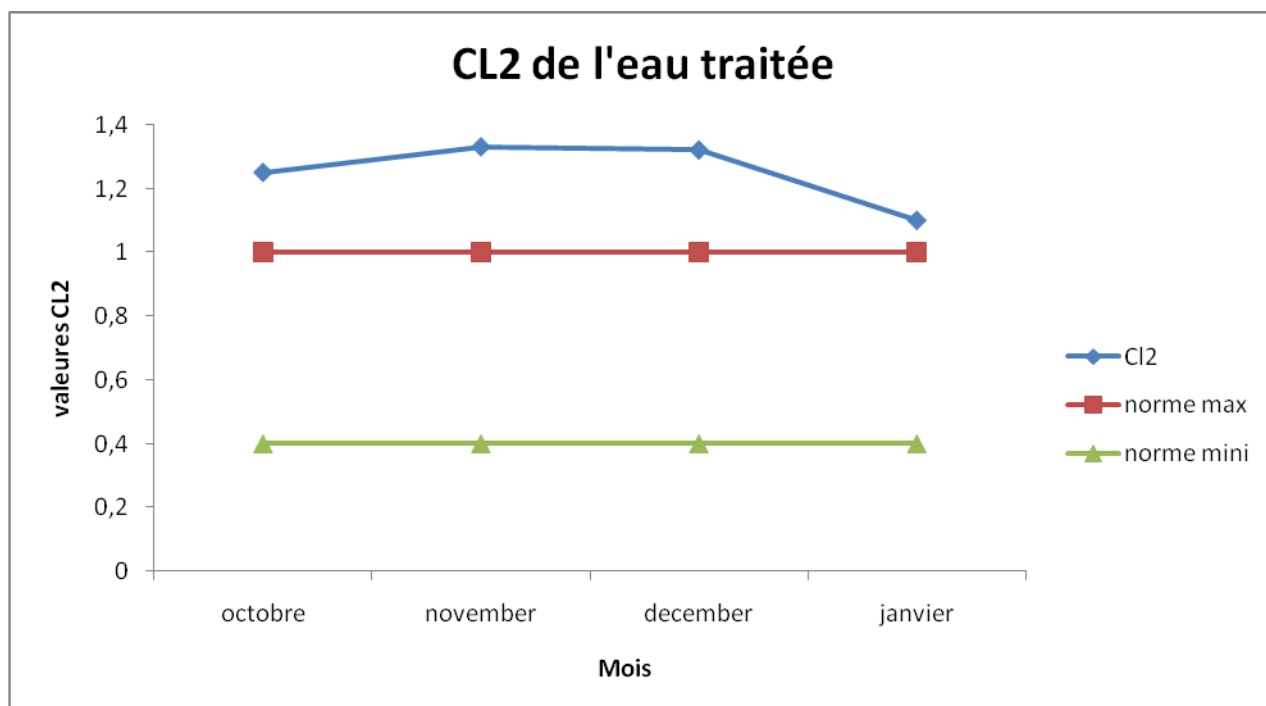


Figure N°47 : graph CL2 de l'eau traitée

Comme il nous indique le graph les valeurs de CL2 varient entre 1,1 et 1,33 et on remarque que ces valeurs ont déplacée la norme maximale de l'OMS et on peut voir une diminution dans les mois octobre et janvier et un augmentation dans les mois novembre et décembre la norme indique que le CL ne doit pas dépassée 1 mg/l.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat de la turbidité :

#### Turbidité eau de mer :

Tableau 16 : montre les valeurs de la turbidité de l'eau de mer

| Mois           | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|----------------|---------|----------|----------|---------|
| Turbidité(ntu) | 1,65    | 2,67     | 1,04     | 1,58    |
| La norme       | 5       | 5        | 5        | 5       |

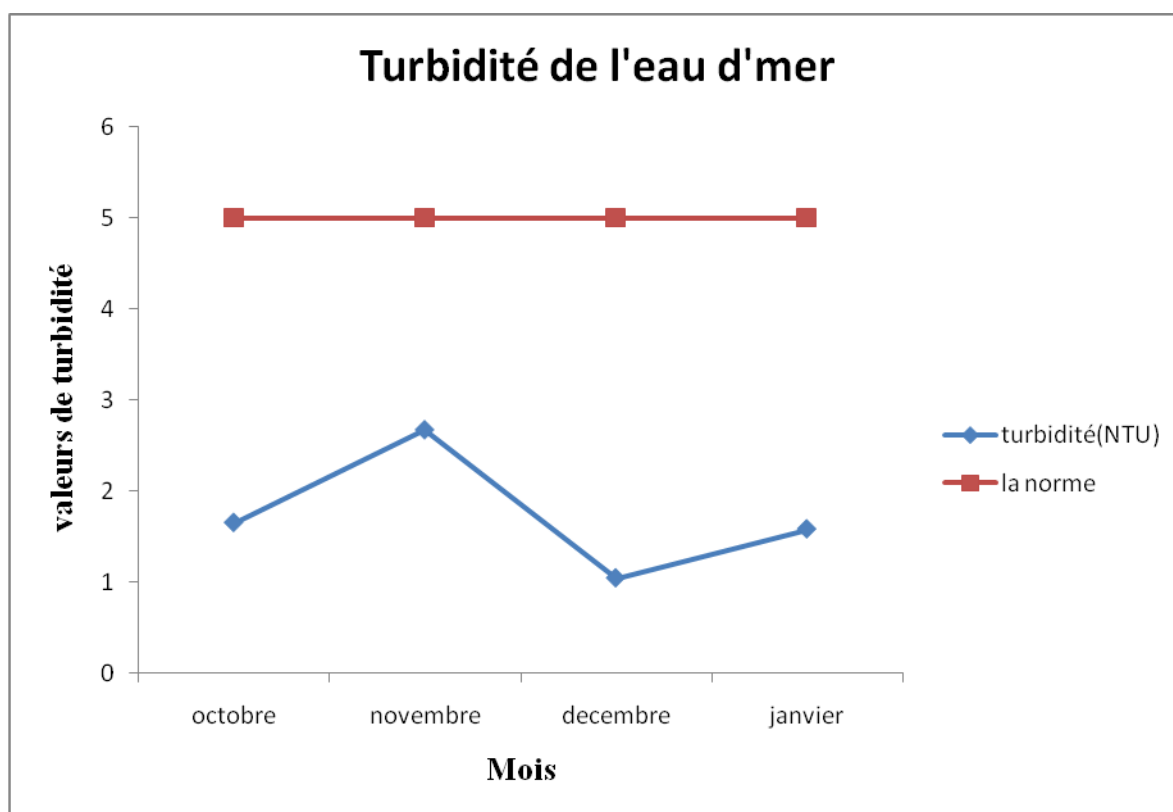


Figure N°48 : graph turbidité de l'eau d' mer

Le graph nous montre les valeurs de la turbidité comme on peut constate que les valeurs sont dan la norme 5NTU car les valeurs de la turbidité de l'eau d' mer varient entre 1,04 et 2,67 ce qui facilite le traitement et on remarque que la turbidité était élevé dans le mois novembre comme on peut voir aussi une diminution dans le mois décembre.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Turbidité de l'eau traitée :

Le tableau 17 : montre les valeurs de la turbidité de l'eau traitée

| Mois      | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|-----------|---------|----------|----------|---------|
| Turbidité | 0,765   | 1,35     | 1,415    | 0,52    |
| Norme     | 5       | 5        | 5        | 5       |

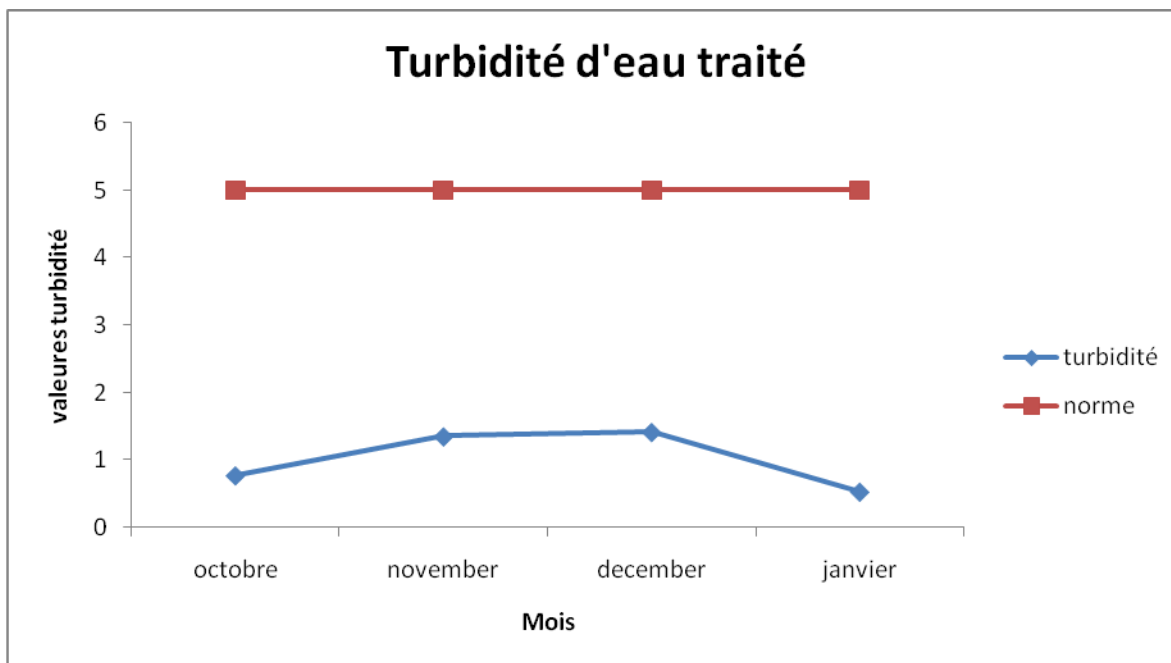


Figure N°49 : graph turbidité de l'eau d' mer

Comme on peut le voir sur le graph les valeurs de la turbidité de l'eau traitée varient entre 0,52 et 1,415 que sont des valeurs diminuées par rapport à la norme qui indique que la turbidité doit être inférieure à 5 NTU et on remarque une diminution dans le mois octobre et janvier par rapport au mois novembre et décembre.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat du bore :

#### Eau traité :

tableau 18 : montre les valeurs du bore de l'eau traitée selon les mois après les analyse

| Mois  | Octobre | Novembre | Décembre |
|-------|---------|----------|----------|
| Bore  | 1,1     | 1        | 0,982    |
| Norme | 1       | 1        | 1        |

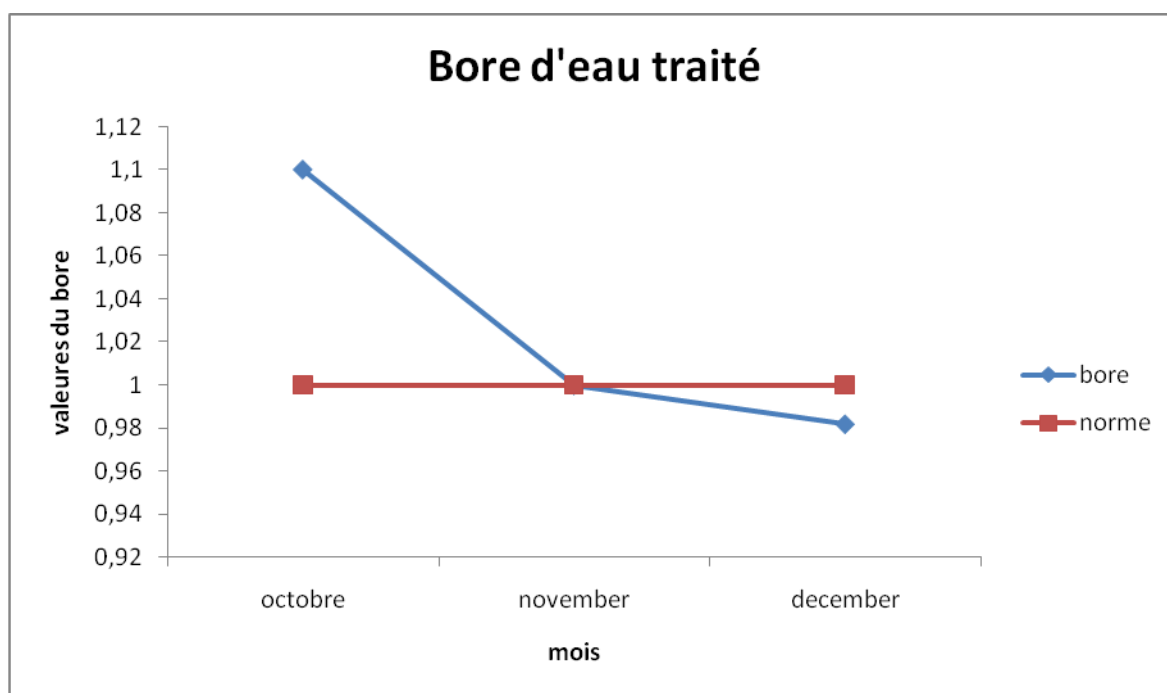


Figure N°50 : graphe bore de l'eau traitée

Le graphe nous montre que les valeurs varient entre 0,982 et 1,1 la norme du contrat nous indique que la concentration du bore doit être inférieure à 1 mg/l et on remarque les valeurs du bore change selon les mois dans le mois d'octobre la valeur était élevée par rapport à la norme et dans le mois novembre et décembre on voit que la valeur a diminué.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat du TSS :

### Eau de mer :

tableau 19 : montre les valeurs du TSS de l'eau traitée

| Mois       | Octobre | Novembre | Décembre | Janvier |
|------------|---------|----------|----------|---------|
| TSS        | 1,75    | 2,75     | 1,75     | 1,5     |
| Norme max  | 8       | 8        | 8        | 8       |
| Norme mini | 2       | 2        | 2        | 2       |

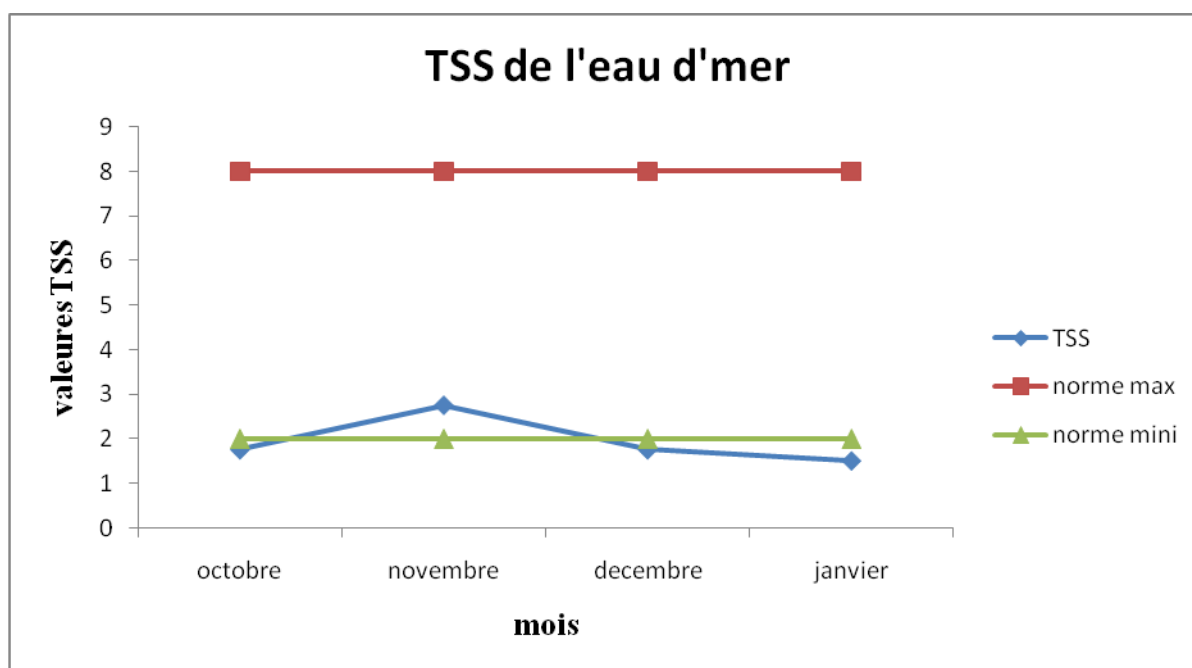


Figure N°51 : graphe TSS de l'eau d'mer

Le graphe nous montre les différentes valeurs du TSS de l'eau d'mer qui varient entre 1,5 et 2,75 et comme on peut le voir, il y a une diminution dans les valeurs dans les mois octobre-décembre-janvier et une augmentation dans le mois de novembre.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat d'analyses :

#### Résultat ph rejet :

Le tableau 20 : Résultat ph rejet

| date       | 31/07/2016 | 31/08/2016 | 30/09/2016 |
|------------|------------|------------|------------|
| Ph rejet   | 7,95       | 8,02       | 7,9        |
| norme max  | 7,8        | 7,8        | 7,8        |
| norme mini | 8,2        | 8,2        | 8,2        |

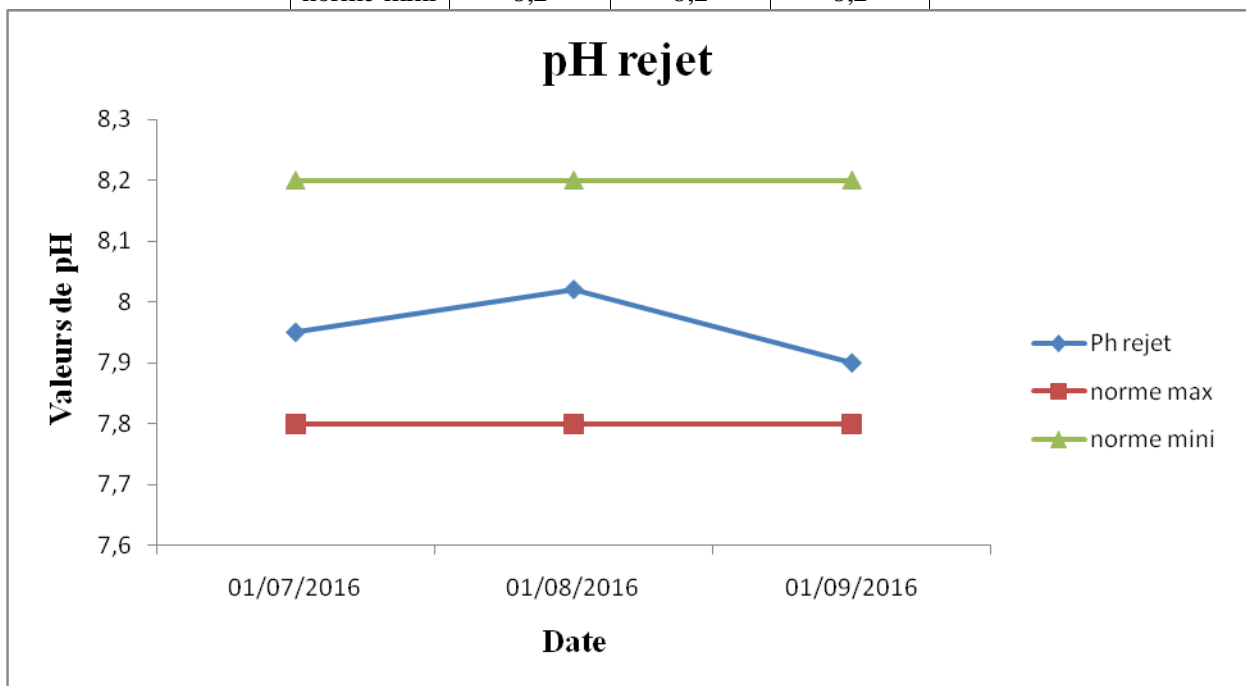


Figure N°52 : graphe pH rejet

Le graphe nous montre les valeurs du pH rejet par rapport aux normes de l'eau de mer comme on peut le voir les valeurs de pH rejet varient entre 7,9 et 8,02 et on remarque que les valeurs de pH dans le mois août étaient élevées par rapport aux autres mois.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

Résultat de température de rejet :

Tableau 21 : température de rejet

| Date              | 31/07/2016 | 31/08/2016 | 30/09/2016 |
|-------------------|------------|------------|------------|
| Température rejet | 23         | 22,9       | 21,6       |
| Norme max         | 25         | 25         | 25         |
| Norme mini        | 20         | 20         | 20         |

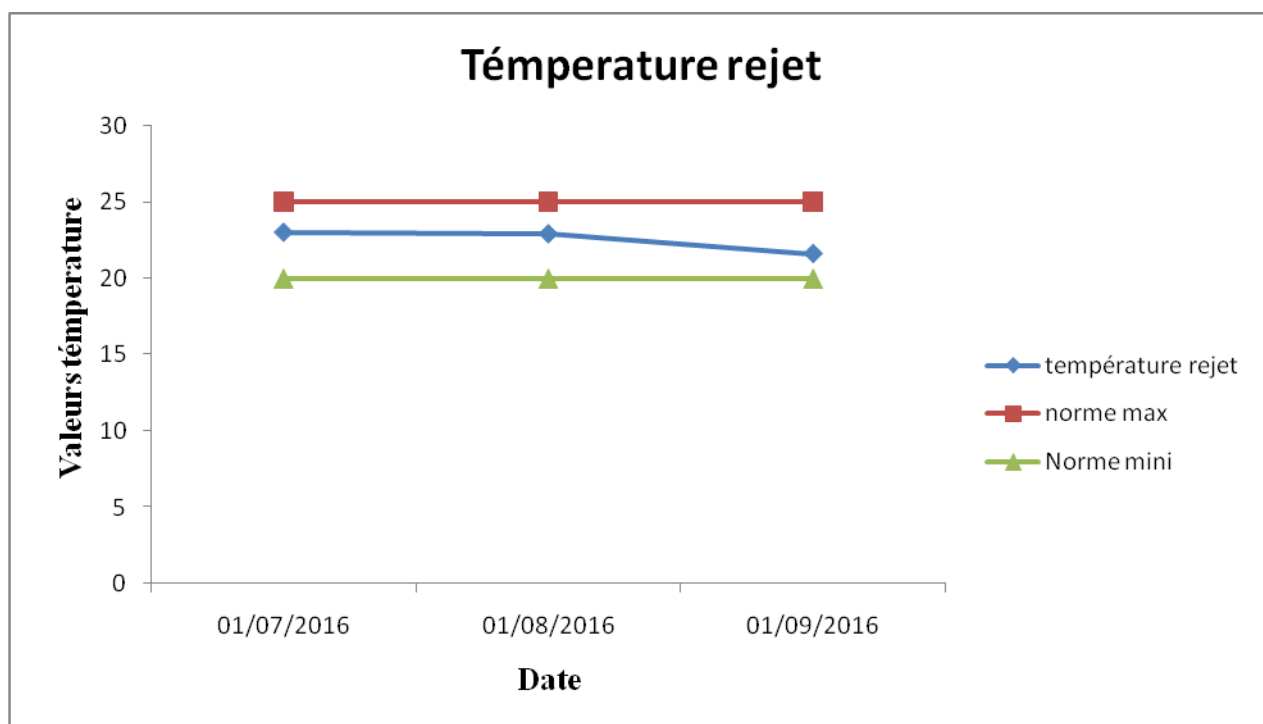


Figure N°53 : graphe température rejet

Le graphe nous montre les valeurs de température rejet par rapport à les normes de l'eau d' mer comme on peut le constate la température rejet varient entre 21,6 et 23et on remarque une diminution dans le mois septembre.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat de la conductivité de rejet :

Tableau 22 : conductivité du rejet

| Date                      | 31/07/2016 | 31/08/2016 | 30/09/2016 |
|---------------------------|------------|------------|------------|
| Conductivité rejet(ms/cm) | 113        | 112,7      | 112,65     |
| Norme max                 | 47         | 47         | 47         |

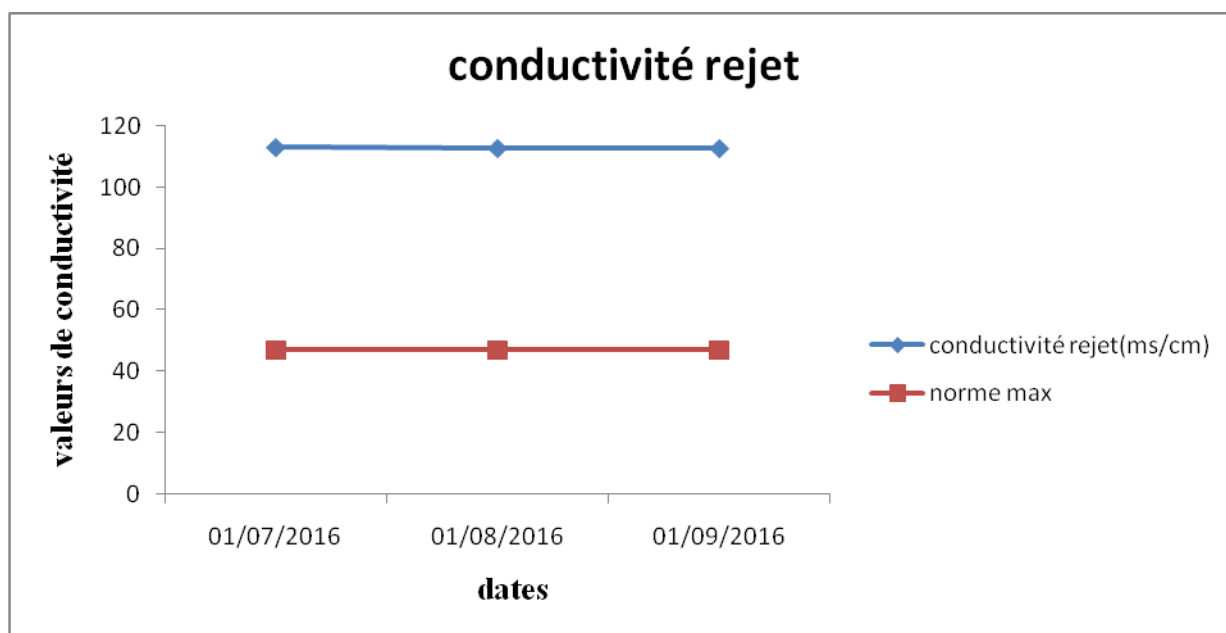


Figure N°54 : graph conductivité rejet

Le graphe montre que les valeurs de la conductivité rejet varient entre 112,7 et 113 ms/cm. On remarque que ces valeurs sont élevées par rapport à la norme de l'eau de mer et comme on peut le voir, les valeurs sont rapprochées durant toutes les dates.



## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat TDS de rejet :

Tableau 23 : TDS de rejet

| Date             | 31/07/2016 | 31/08/2016 | 30/09/2016 |
|------------------|------------|------------|------------|
| Tds rejet (mg/l) | 76840      | 77000      | 76606      |
| Norme            | 39000      | 39000      | 39000      |

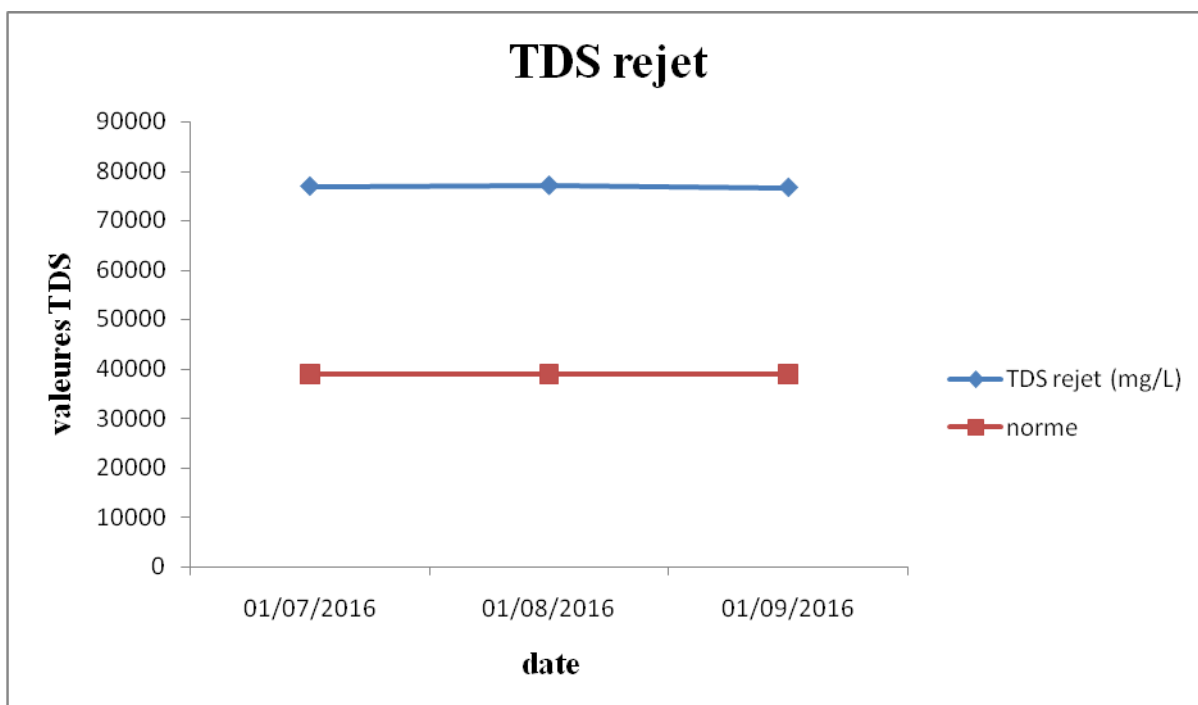


Figure N°55 : graphe TDS rejet

le graphe montre les valeurs de TDS rejet et comme on peut le voir les valeurs de TDS rejet varient entre 76606 et 77000 mg/l sont élevées par rapport à la norme de l'eau de mer et on remarque un rapprochement dans les valeurs.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat TSS de rejet :

Tableau 24 : TSS de rejet

| Date       | 31/07/2016 | 31/08/2016 | 30/09/2016 |
|------------|------------|------------|------------|
| TSS rejet  | 2          | 2,5        | 2,5        |
| Norme max  | 2          | 2          | 2          |
| Norme mini | 8          | 8          | 8          |

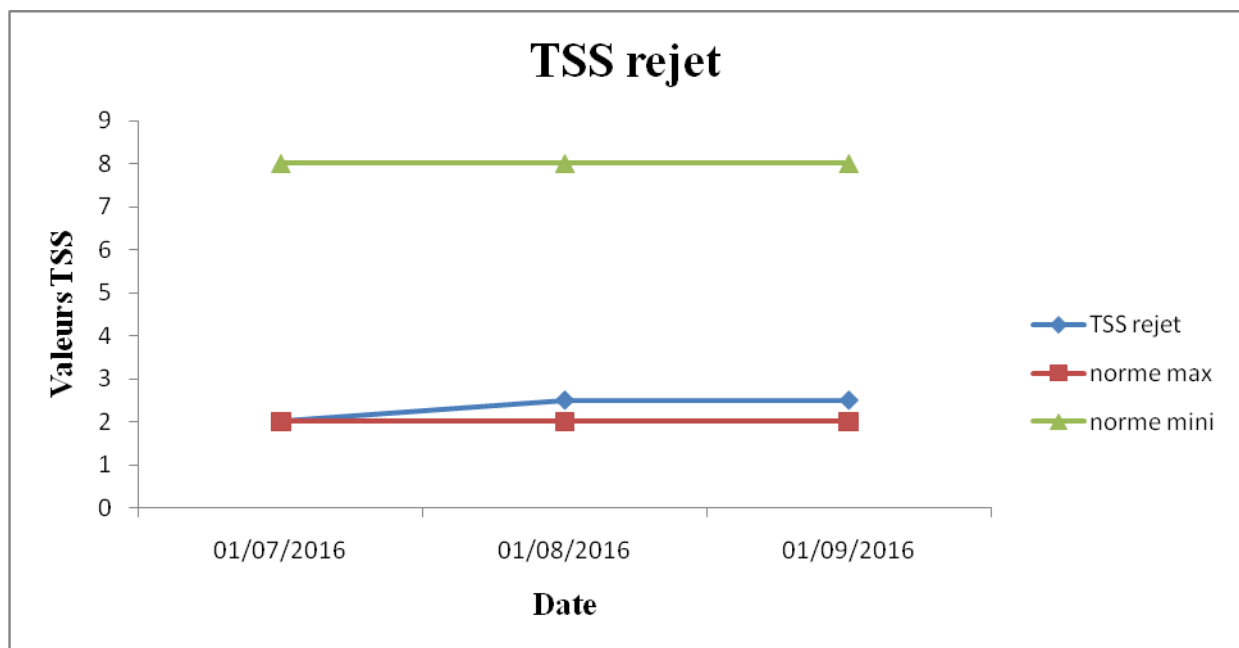


Figure N°56 : graphe TSS rejet

Le graphe montre les valeurs du TSS varient entre 2 et 2,5 et comme on le voit ces valeurs sont dans les normes de l'eau de mer et on remarque la valeur dans le mois juillet concorde avec la norme minimal.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

Résultat CL de rejet :

Tableau 25 : CL d rejet

| Date      | 31/07/2016 | 31/08/2016 | 30/09/2016 |
|-----------|------------|------------|------------|
| Cl (mg/l) | 41235,75   | 40820,53   | 40230,56   |
| Norme max | 14200      | 14200      | 14200      |

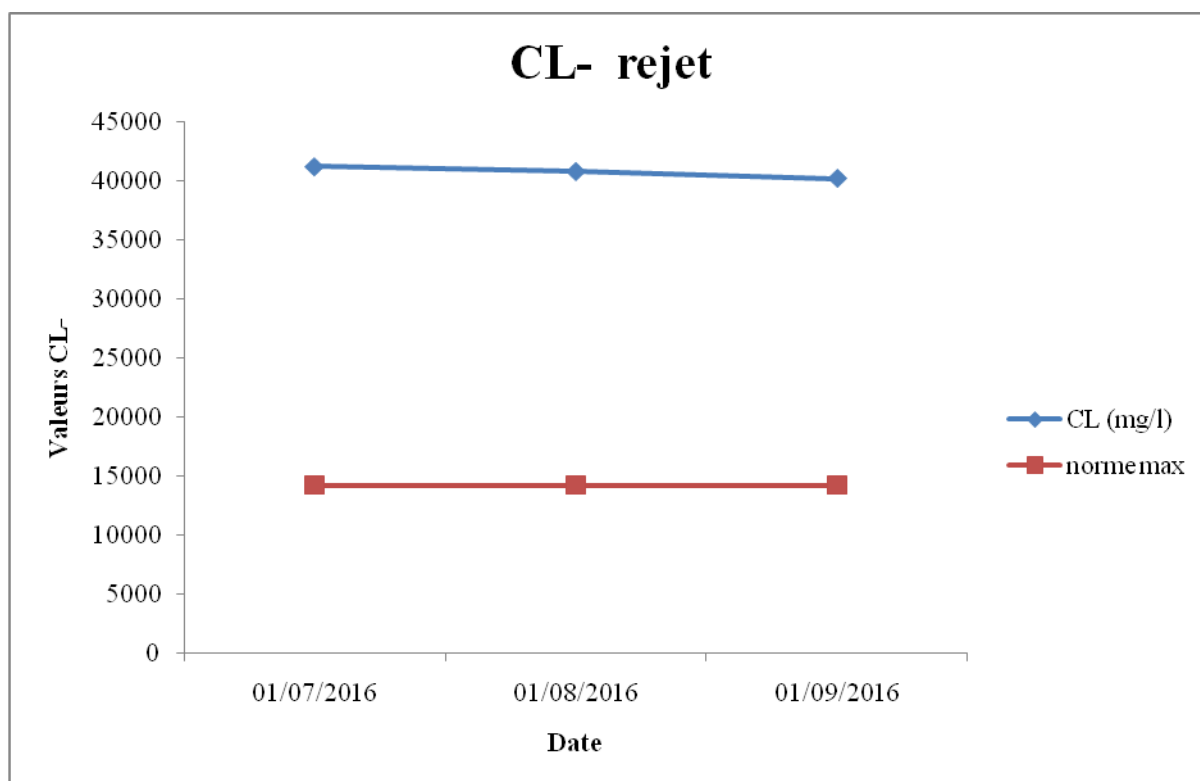


Figure N°57 : graph CL- rejet

Le graphe montre les valeurs d'ions de CL- varient entre 40230,56 et 41235,75 mg/l et on constate que ces valeurs sont élevée par rapport a la norme de l'eau d' mer et on remarque aussi un rapprochement entre les valeurs.

## Chapitre 2 : contexte physique de la station de dessalement d'El Mactaa

### Résultat SO4 de rejet :

Tableau 26 : SO4 de rejet

| Date      | 31/07/2016 | 31/08/2016 | 30/09/2016 |
|-----------|------------|------------|------------|
| SO4(mg/l) | 1225,68    | 1178,58    | 1120,3     |
| Norme max | 3700       | 3700       | 3700       |

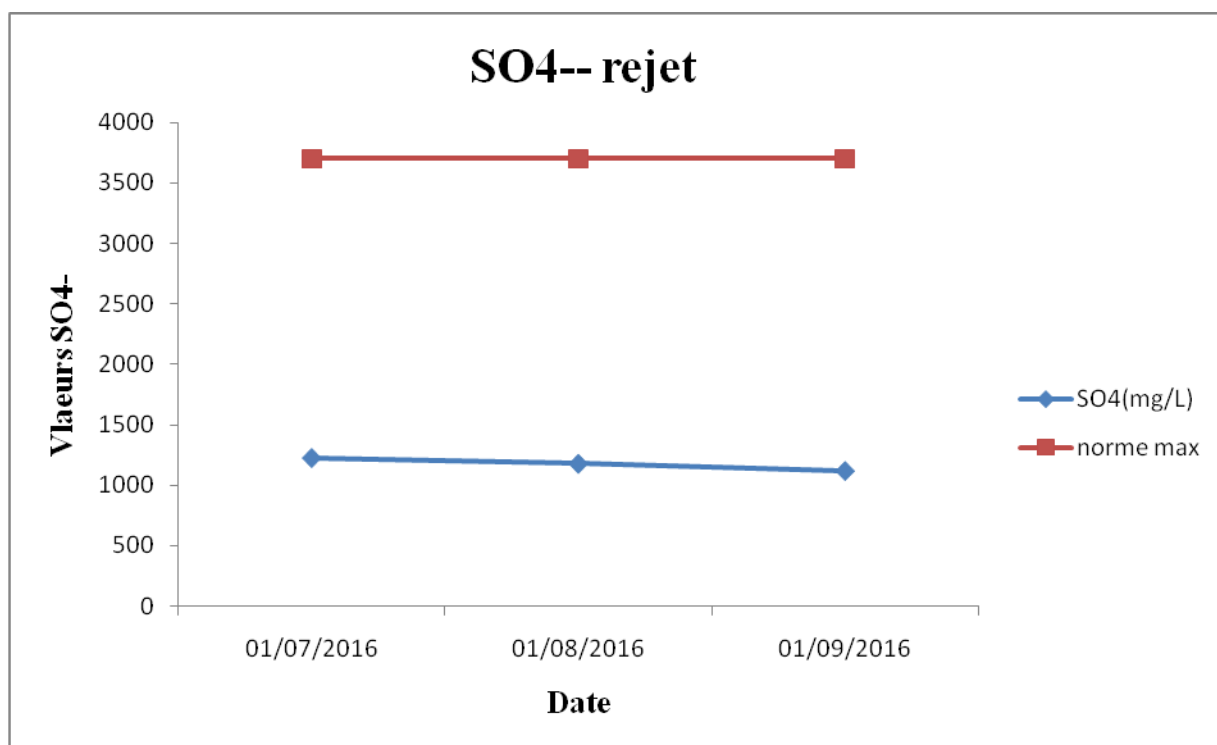


Figure N°58 : graph SO4-- rejet

le graph montre les valeurs des ions de SO4-- rejet, comme on le voit les valeurs de SO4 rejet varient entre 1120,3 et 1225,68 on remarque que les valeurs sont diminuée par rapport a la norme de l'eau de mer et on remarque aussi un rapprochement entre les valeurs.

### Conclusion :

Avec la pénurie en eau potable, le dessalement de l'eau de mer devient une des solutions les plus pratiques à travers le monde, pour l'alimentation en eau potable, ainsi qu'aux besoins industriels.

L'usine de dessalement de l'eau de mer d'EL-Mactaa utilise le procédé d'osmose inverse et devra produire 500.000 m3/jour.

Néanmoins, on redoute maintenant que de pareilles usines à dessalement nuisent gravement à l'environnement

## **Chapitre 3 : Impact du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement « station El Macta »**

L'impact du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement provient principalement du rejet (saumure) produit à la cour du dessalement mais aussi des rejets de produits chimiques utilisés dans le nettoyage des modules d'osmose inverse. En effet, ces rejets provoquent des dommages potentiels pour le milieu récepteur (milieu marin).

### **Impact du dessalement sur l'environnement :**

#### **Effet du dessalement sur l'environnement**

Cette étude nous montre que d'après les résultats obtenus, la production d'eau douce par des procédés non conventionnels comme le dessalement de l'eau de mer est caractérisé par la production en parallèle d'une eau saumure fortement chargée en sel qui retournera à la mer provoquant une variation de la composition chimique en s'ajoutant aux rejets de produits chimiques des traitements correctifs de l'eau d'appoint et aux rejets issues de la pollution marine tels que l'hydrogène sulfuré ou les composés ammoniacaux et hydro carburants. Ces rejets ont un impact négatif sur l'environnement et la préservation des éco systèmes. Faut-il orienter le choix d'un procédé de dessalement en considérant une station de neutralisation de la saumure avant son rejet à la nature. Des études ont montré que le procédé RO par osmose inverse pose les mêmes problèmes.

#### **Impacts environnementaux**

Ils sont liés aux rejets de saumures concentrées et aux effets de différents additifs nécessaires au traitement. On en a vu quelques aspects plus hauts.

#### **A/Evacuation de la saumure.**

Il faut d'abord rappeler que les rejets sont soumis à la réglementation du protocole dit "Tellurique" de la Convention de Barcelone qui donne des limites des valeurs de nombreux Types de rejet.

Bien entendu, l'effet du rejet dépend très largement des conditions physiques, chimiques Et biologiques de la zone où les saumures sont évacuées. Par exemple, plusieurs études ont Montré que *Posidonia* était très sensible à la salinité.

Le PNUE a fait un rapport très global sur le dessalement en Méditerranée en 2001 (réunion D'Athènes) avec un chapitre (3) détaillé sur les effets des rejets. Mais il est très théorique, Se base sur peu d'exemples concrets et semble un peu dépassé. Beaucoup de précautions Paraissent avoir été prises pour la nouvelle usine de Barcelone : rejets très au large, Grande dilution de la saumure.

#### **B/ rejet des produits de traitement**

Il s'agit des résidus de corrosion, des produits d'ajustement du ph de l'eau, des produits Antitartres et des agents anti-salissures, des agents anti mousses et des dérivés du chlore. Leurs taux doivent être inférieurs à la norme.

Un aspect à ne pas négliger est l'impact que pourrait avoir des installations pompant des Grands débits dans des mers fermées (Mer Rouge, Golfe Persique). Les capacités des Grosses usines devront probablement être ajustées en fonction du taux de renouvellement

## Chapitre 3 : Impact du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement « station El Macta »

Des eaux dans ces espaces marins restreints

### Effets de la saumure

Impacts de la salinité

Les rejets sont des saumures concentrées à cause du procédé des eaux de lessivage des diaphragmes. Ces saumures sont rejetées en mer ou peuvent s'infiltrer dans le sol en provoquant une pollution et une perturbation de l'écosystème marin. La composition chimique de la saumure est similaire à l'eau de mer, mais sa salinité (environ 273 g/L) est beaucoup plus élevée que l'eau de mer (35 g/L en océan d'atlantique). Il est confirmé que la salinité élevée cause des graves dommages aux flores et faunes marines. Une étude des effets létaux d'une solution hypertonique sur les organismes marins indique que la salinité létale initiale et la sensibilité de chaque organisme diffèrent d'un espace à l'autre au travers d'expérimentations en laboratoire (Shunya *et al*).

Nous nous intéressons au dessalement de saumure avant de le rejeter en mer afin de diminuer les effets de l'eau concentrée. Il faut donc utiliser des produits chimiques pour les phases de prétraitement ainsi que le post-traitement de l'eau de dessalement. Normalement, il y a des effets suite à l'utilisation de produits contre la corrosion et additifs antitartre, antisalissure et anti mousse.

- Effets des produits contre la corrosion :

Les métaux lourds, comme du cuivre, du nickel, du fer, du chrome et du zinc du chrome, sont ajoutés dans le procédé thermique. On trouve ces éléments dans le milieu marin finalement. Ils sont adsorbés par les matières en suspension et s'accumulent dans les sédiments.

- Effets de l'additif antitartre :

Les produits de phosphates polymère sont utilisés contre l'entartrage. Les éléments nutritifs augmentent dans le milieu marin. En conséquence, il peut y avoir le risque de prolifération d'algues macroscopiques. C'est-à-dire, ces produits lancent l'apparition de phénomènes d'eutrophisation.

- Effets des additifs antisalissure :

Le chlore est un bon additif antisalissure grâce à son efficacité et son coût économique. Mais, il a des effets biologiques par son action stérilisante et des effets d'halogéné pour les constituants organiques de l'eau de mer.

- Effets des additifs antimousses :

Les additifs anti mousses ont des effets nocifs sur les organismes. Par contre, les effets sur l'écosystème marin sont négligeables.

## Chapitre 3 : Impact du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement « station El Macta »

### Le cas de notre étude

Dans notre cas, nous considérons donc de construire une station de dessalement afin de diminuer la concentration du sel dans le rejet avant d'être rejeté en mer. Mais avec la limitation de budget, on ne peut pas rejeter la saumure concentrée à 35 g/L, c'est-à-dire, après le dessalement, la salinité des eaux rejetées est encore élevée à 75 g/L. En conséquence, il y a une série d'impacts faunistiques et floristiques sur la zone près de point de rejet, qui sont provoqués par l'augmentation de salinité de l'eau de mer même avec les différents procédés appliqués dans l'usine de dessalement. Ces impacts s'associent aux conditions locales :

1. La distance de l'émissaire au rivage
2. Le niveau au-dessus du fond de la mer
3. La profondeur de l'eau de mer
4. Les caractéristiques hydrologiques – – la dispersion de l'eau saumure et l'efficacité de la dilution au point de rejet
5. Les procédés de dessalement des saumures concentrées
6. La densité du sel dans le rejet
7. La saison – aux mois d'été où on a les impacts plus importants

Dans la zone de rejet de saumure (environ 50m\*15m\*10m.), une diminution importante de la diversité et de l'abondance de la macrofaune benthique est provoquée par la mortalité des algues macroscopiques à cause de la saumure. Les impacts sont plus importants vers le fond de la mer car la canalisation de rejet est posée à 50 cm au-dessous du fond de la mer. La majeure partie des flores et des faunes marines disparaîtront dans la zone de salinité concentrée. La population des espèces de poissons déclinera et même disparaîtra parce qu'elles n'auront plus d'alimentation pour vivre. De plus, si une usine de dessalement est construite, normalement, certains éléments chimiques sont ajoutés dans le rejet de saumure. Ils changent les compositions des flores et des faunes marines. Par contre, nous essayons de trouver un procédé principal de dessalement pour protéger l'environnement: la cristallisation (il ne sera pas nécessaire d'utiliser les produits chimiques). Dans les phases de prétraitement, nous n'ajoutons pas d'additifs pour le procédé de cristallisation car il est très sensible à la moindre impureté. En ce qui concerne la corrosion, nous traitons la surface métallique du cristallisateur avant, de façon à ne pas utiliser le produit anticorrosion.

**Conclusion** : Bien que les travaux de recherches consacrés à la question soient restreints, le rejet de concentré dans la mer appelle une vigilance particulière et une évaluation scientifiques des impacts sur la faune et la flore.

## **Conclusion générale :**

Station El mactaa ; un méga projet :a été inauguré Le lundi 10 novembre 2014 à Oran (ouest du pays)ORAN - , est appelée non seulement à renforcer l'alimentation en eau potable de la wilaya d'Oran mais aussi à répondre aux besoins des wilayas limitrophe comme Mascara, Mostaganem, Relizane et Tiaret.

L'installation a une capacité de production de 500.000 mètres cubes par jour. C'est la plus grande station du monde utilisant le procédé d'osmose inverse.

Initialement, ce projet de dessalement d'eau de mer pour produire de l'eau potable était prévu pour la population de la wilaya d'Oran. Mais, il s'est avéré, plus tard, qu'Oran est devenue une wilaya autosuffisante, mieux lotie que les autres wilayas limitrophes, avec tous les projets de dessalement réalisés dans la région. Maintenant, la station d'El Mactaâ est appelée à alimenter ces wilayas: Mascara, Relizane, Tiaret et Mostaganem".

Avec un projet de 500.000 mètres cubes d'eau par jour, c'est la plus grande station au monde avec ce procédé utilisé dans le dessalement, en l'occurrence l'osmose inverse.

L'Algerian Energy Company (AEC) et l'Algérienne des Eaux (ADE) sont, en fait, les initiateurs de tous les projets de dessalement d'eau de mer en Algérie, dont celui d'El-Mactaâ. "Ces projets ont contribué à l'amélioration du cadre de vie du citoyen en améliorant le plus important des éléments de ce cadre, celui de l'approvisionnement en eau potable (AEP)".

Le projet de la méga-station de dessalement d'eau de mer d'El-Mactaâ est le plus grand projet que ces deux sociétés ont eu à initier.

Ce projet a été amené à son achèvement complet avec une capacité de production de 500.000 m<sup>3</sup>/jour. C'est une performance exceptionnelle.

Initialement, le projet devait être conduit par un investisseur étranger, mais depuis 2009, avec le principe des 51/49 édicté par la loi, il a été décidé de créer une Société par actions, la TMM spa. Un montage financier a été élaboré et les parts ont été réparties : 47% pour l'investisseur étranger, en l'occurrence Hyflux Menaspring Ltd, la société singapourienne qui a construit la station de dessalement, 43% pour l'AEC et 10 % pour l'ADE. .

Pour ce qui est de la gestion de la station, une société de gestion a été créée. Il s'agit de HO-MA (Hyflux Operating Maintenance Algeria). Cette société a conclu un contrat avec TMM spa et devra gérer la station d'El-Mactaâ pour une durée de 25 ans.

Concernant la production, le programme initié a prévu la production et la fourniture de 265.000 m<sup>3</sup> d'eau par jour à partir de janvier 2015. A compter de janvier 2016, la station produisait 430.000 m<sup>3</sup>/j. Et depuis janvier 2017, la station fourni 500.000 m<sup>3</sup>/j, soit sa pleine capacité, ceci pour fournir Oran, Mostaganem, Relizane, Mascara et Tiaret.

Sur le plan technique et concernant le procédé utilisé dans le dessalement d'eau de mer, le système de l'osmose inverse reste le système le plus propre et le plus économique qui existe dans ce type d'industrie. La particularité de cette usine est qu'elle utilise un autre système



pour la filtration d'eau de mer par l'utilisation de membranes, une technologie japonaise appelée ultra filtration. L'autre particularité de cette usine est qu'elle est respectueuse de l'environnement, signalant que le système d'amener d'eau et de rejet de la saumure sont tous les deux souterrains.

Concernant le personnel de cette usine, il a été jugé suffisant soixante personnes pour la faire fonctionner. L'usine est, en effet, dotée des technologies les plus avancées dans ce domaine et est presque entièrement automatisée. Cet effectif a été spécialement formé pour la gestion des différents compartiments de la station.

Toutefois, le procédé de dessalement d'eau de mer produira, en plus des 500.000 m<sup>3</sup> d'eau potable, quelque 500.000 m<sup>3</sup> de saumure, c'est la quantité rejetée dans ce processus. L'un des challenges de TMM consiste à trouver le moyen pour éviter ce rejet de saumure. La Spa préconise la création d'une autre industrie, un autre projet. En effet des discussions sont en cours pour amener des investisseurs à récupérer l'eau de saumure pour en extraire plusieurs éléments qu'elle contient et réduire par la même occasion, et de manière considérable, l'impact sur l'environnement".

Cette eau de saumure, rejetée lors du processus de dessalement de l'eau de mer, a plusieurs débouchés. A partir de cette eau, on peut produire du sel, des sels minéraux, du magnésium et du nickel. Tout est donc récupéré. Un appel à investisseur est lancé pour ce projet. TMM pourrait le faire elle-même, mais avec, bien entendu, l'accord des actionnaires. Et ceci reste valable pour toutes les stations de dessalement d'eau de mer du pays, autant de projets de cette nature.

## Références Bibliographiques :

- MAUREL, A. (2006). "Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres." 2ème édition, Paris, Ed. Tec & Doc-Lavoisier.

- MORSLI M. S. (2013). Impacts des arrêts techniques de l'usine de dessalement de l'eau de mer sur l'entreprise et l'environnement. Magister en Management, Université d'Oran.

- CHENAOUI B. (2010). Dessalement de l'eau de mer à la station de MAINIS et son impact sur l'environnement". Séminaires 2010. Université HASSIBA BENBOUALI CHLEF. Algérie.

[http://www.univ-chlef.dz/uahbc/seminaires\\_2010/chenaoui\\_bakhta\\_OUARGLA\\_2010.pdf](http://www.univ-chlef.dz/uahbc/seminaires_2010/chenaoui_bakhta_OUARGLA_2010.pdf)

- ALLAM H., MELLAH A. (2013). Etude économique et impact écologique de la station de dessalement de HONAÏNE (W.TLEMCEN). Proceeding du Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement SIHE 2013 Ouargla. 67-70.

- ARMAS I. (2014). Qualité des eaux de la station de dessalement de l'eau de mer de Souk Tlata - Bah Al Assa. Master Biologie, UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID - TLEMCEN. Algérie <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/7344>

- HABET L. (2010). Contribution à l'étude des impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement: cas du littoral station de Boumerdas. Magister, Université M'hamed Bougara.

- NISAN S. (2007). "Dessalement nucléaire: une source alternative pour la production d'eau et d'électricité à bas coût." Sciences 2 .

- [planbleu.org/sites/default/files/publications/etude\\_regionale\\_dessalement\\_fr.pdf](http://planbleu.org/sites/default/files/publications/etude_regionale_dessalement_fr.pdf)

- <https://studylibfr.com/doc/3664106/analyse-du-régime-climatique-au-nord-de-l-algérie>

-[https://www.vitaminedz.com/mers-el-hadjadj-station-de/Photos\\_18802\\_194671\\_31\\_1.html](https://www.vitaminedz.com/mers-el-hadjadj-station-de/Photos_18802_194671_31_1.html)

-<https://fr.wikipedia.org/wiki/Oranie>

-[https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Liste\\_des\\_stations\\_de\\_dessalement\\_en\\_Algerie](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Liste_des_stations_de_dessalement_en_Algerie)

-<https://fr.wikipedia.org/wiki/Oran#Climat>

-<https://www.leconomiste.com/article/1027537-contre-le-stress-hydrique-les-stations-de-dessalement>

-<https://tecfa.unige.ch/perso/lombardf/calvin/methodologie/recherche/recherche.html>

-<http://www.bernard-deschamps.net/article-l-de-l-eau-de-mer-au-monde-118086299.html>

-[http://www.undpcc.org/docs/National%20issues%20papers/Water%20\(adaptation\)/£](http://www.undpcc.org/docs/National%20issues%20papers/Water%20(adaptation)/£)

[Algerie Rapport national eau adaptation.pdf](#)

-[http://planbleu.org/sites/default/files/publications/changement\\_climatique\\_energie\\_fr.pdf](http://planbleu.org/sites/default/files/publications/changement_climatique_energie_fr.pdf)

-[https://www.cairn.info/resume.php?ID\\_ARTICLE=COM\\_260\\_0493](https://www.cairn.info/resume.php?ID_ARTICLE=COM_260_0493)

-<http://cegot.org/ojs/index.php/GOT/article/view/>

-<https://revues.imist.ma/?journal=jwes>

- <http://www.aquawal.be/servlet/.../le-dessalement-de-l-eau-de-mer.pdf?ID>

-<http://www.techno-science.net>

## Liste des Figures :

Figure N°1 : schéma des techniques de dessalement

Figure N°2 : la distillation

Figure N°3 : la distillation par MSF

Figure N°4 : la distillation par ME

Figure N°5 : Principe de l'osmose

Figure N°6 : Principe de l'osmose inverse

Figure N°7 : la membrane

Figure N°8 : Electrodialyse

Figure N°9 : ultrafiltration

Figure N°10 : plan de situation

Figure N°11:Schéma Processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement de MAGTA

Figure N°12: bassin de réservoir l'eau d' mer et le filtre rotative accoté des filtre TBS et les Cinque pompe

Figure N°13 : étape de l'ultrafiltration

Figure N°14 : lavage des filtres a membrane

Figure N°15: étape de l'osmose inverse

Figure N°16 :poste de prélèvement eau de mer Figure

N°17 :poste de prélèvement RO

Figure N°18 :poste de prélèvement de l'eau traitée

Figure N°19 : pH-mètre

Figure N°20 : manipulation pH-mètre

Figure N°21 : turbidimètre

Figure N°22et N°23 : manipulation turbidimètre

Figure N°24 : conductimètre

Figure N°25 : manipulation conductimètre  
Figure N°26 : chlorométrie  
Figure N°27,28 ,29 : manipulation chlorométrie  
Figure N°30,31 : chromatographe IC  
Figure N°32,33 : manipulation chromatographe IC  
Figure N°34 : les courbes des cations  
Figure N°35 : graph pH eau d' mer  
Figure N°36 : graph eau traitée pH  
N°37 : graph température eau d' mer  
Figure N°38 : graph température eau traitée  
N°39 : graph conductivité de l' eau d' mer  
Figure N°40 : graph conductivité de l' eau traitée  
Figure N°41 : graph TDS de l' eau d' mer  
Figure N°42 : graph TDS de l' eau traitée  
Figure N°43 : graph TH de l' eau traitée  
Figure N°44 : graph TAC de l' eau traitée  
Figure N°45 : graph LSI de l' eau traitée  
Figure N°46 : graph CL2 de l' eau d' mer  
Figure N°47 : graph CL2 de l' eau traitée  
Figure N°48 : graph turbidité de l' eau d' mer  
Figure N°49 : graph turbidité de l' eau d' mer  
Figure N°50 : graph bore de l' eau traitée  
Figure N°51 : graph TSS de l' eau d' mer  
Figure N°52 : graph pH rejet  
Figure N°53 : graph température rejet  
Figure N°54 : graph conductivité rejet  
Figure N°56 : graph TSS rejet  
Figure N°57 : graph CL- rejet  
Figure N°58 : graph SO4-- rejet

## Liste des tableaux :

Tableau 1 : Masse du constituant contenue dans un kg d'eau de mer, rapportée à la salinité

Tableau 2 : les dose de préparation solution de calibrage

tableau 3 :PH

tableau 4 : PH de l'eau traitée

tableau 5 Température d'eau d' mer

Tableau 6 :Température de l'eau traitée

tableau 7 : Conductivité de l'eau d' mer

Tableau 8 :Conductivité de l'eau traitée :

Tableau 9 : TDS de l'eau d' mer

Tableau 10 : TDS de l'eau traitée

Tableau 11 :TH eau traitée

Tableau 12 : TAC Eau traitée

Tableau 13 : Indice de saturation

tableau 14 : montre les valeurs CL2 de l'eau d' mer

tableau 15 : montre les valeurs CL2 de l'eau traitée

tableau 16 : montre les valeurs de la turbidité de l'eau d' mer

tableau 17 : montre les valeurs de la turbidité de l'eau traitée

tableau 18 : montre les valeurs du bore de l'eau traitée selon les mois après les analyse

tableau 19 : montre les valeurs du TSS de l'eau traitée

Le tableau 20 : Résultat ph rejet

Tableau 21 : température de rejet

Tableau 22 : conductivité de rejet

Tableau 23 : TDS de rejet

Tableau 24 : TSS de rejet

Tableau 25 : CL d rejet

Tableau 26 : SO4 de rejet

